



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 5 de marzo de 2020

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

La suscrita:

Angela Patricia Ojeda Polanía, con C.C. No. 26421514, Autor de la tesis y/o trabajo de grado o Titulado **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN LETAL 50 DEL GLIFOSATO, N-(FOSFONOMETIL) GLICINA EN FORMA DE SAL ISOPROPILAMINA SOBRE JUVENILES DE BOCACHICO (*Prochilodus magdalenae*) Y CAPAZ (*Pimelodus grosskopfii*)**, presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar al título de **Magister en Ingeniería y Gestión Ambiental**; autorizo al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

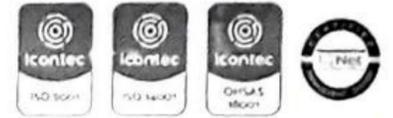
EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Angela Patricia Ojeda Polanía

Firma:

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN LETAL 50 DEL GLIFOSATO, N-(FOSFONOMETIL) GLICINA EN FORMA DE SAL ISOPROPILAMINA SOBRE JUVENILES DE BOCACHICO (*Prochilodus magdalenae*) Y CAPAZ (*Pimelodus grosskopfii*)

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Ojeda Polanía	Angela Patricia

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Valbuena Villarreal	Rubén Darío

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Magíster en Ingeniería y Gestión Ambiental

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Maestría en Ingeniería y Gestión Ambiental

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2020

NÚMERO DE PÁGINAS: 111

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS**



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 4

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas___ Fotografías Grabaciones en discos Ilustraciones en general___ Grabados___ Láminas___
Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas o Cuadros

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>Bioensayo</u>	<u>Bioassay</u>
2. <u>Toxicidad aguda</u>	<u>Acute Toxicity</u>
3. <u>Glifosato</u>	<u>Glyphosate</u>
4. <u>Bocachico</u>	<u>Bocachico</u>
5. <u>Capaz</u>	<u>Capaz</u>

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Colombia ha tenido en los últimos años un problema ambiental generado por los elementos tóxicos derivados de la industria agropecuaria, minera y petrolera, en donde sus componentes activos han generado un desacierto en las políticas públicas ambientales del país, lo cual induce a una sociedad toxica y más aun con el agua siendo esta el elemento que genera y conserva la vida en nuestro planeta. En este orden de ideas, en el agua los peces tienen la capacidad de almacenar en su organismo concentraciones toxicas derivadas de estas industrias, por ende la presente investigación tiene como objetivo determinar la concentración letal media (CL₅₀) del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre los organismos acuáticos de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*). Los bioensayos se realizaron en la Estación Experimental de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad Surcolombiana, usando 200 juveniles de Bocachico bajo las concentraciones de 28, 30, 32 y 34 mg/L y 200 juveniles de capaz bajo las concentraciones de 16, 18, 20 y 22 -mg/L, tres replicas para cada concentración, se observó la mortalidad para 12, 24, 48, 72, 96 horas de exposición. Los resultados obtenidos se analizaron utilizando el programa de método de unidades probabilísticas "Probit" el cual evalúa la relación

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA				   		
	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						
DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO							
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 4

concentración respuesta de un contaminante sobre un organismo con límites de confiabilidad del 95%; arrojando como resultado que la concentración letal media del Glifosato para el Bocachico es de 32.71mg/l y el Capaz de 18.52mg/l, evidenciando que el Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina es moderadamente toxico para el Bocachico y mucho más toxico para el Capaz. Estos resultados fueron comparados con otros estudios con el mismo componente activo o con las mismas especies mostrando similitudes con algunos invertebrados y con el herbicida glifosato. Se plantea que a largo plazo estos herbicidas al aumentar su dosis en cultivos del arroz en zonas del departamento del Huila, estarían afectando las condiciones de vida de estos peces, la comercialización de ellas y por ende la economía de las familias pesqueras de la zona. Se recomienda monitorear la aplicación de los plaguicidas en las áreas agrícolas para evitar impactos sobre los ecosistemas acuáticos.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

Colombia has had in recent years an environmental problem generated by the toxic elements derived from the agricultural, mining and oil industry, where its active components have generated an error in the country's environmental public policies, which induces a toxic and toxic society. even more with water being the element that generates and conserves life on our planet. In this order of ideas, in the water the fish have the capacity to store in their organism, toxic concentrations derived from these industries, therefore the objective of this study is to determine the mean lethal concentration (LC50) of Glyphosate, N-(phosphonomethyl) glycine in the form of salt Isopropylamine on the aquatic organisms of Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) and Capaz (*Pimelodus grosskopfii*). The bioassays were carried out at the Experimental Station of Hydrobiological Resources of the Surcolombiana University, using 200 juveniles of Bocachico under the concentrations of 28, 30, 32 and 34 mg/L and 200 juveniles of Capaz under the concentrations of 16, 18, 20 and 22 mg/L, three replicates for each concentration, mortality was observed for 12, 24, 48, 72, 96 hours of exposure. The results obtained were analyzed using the probabilistic units method program "Probit" which evaluates the relationship between a contaminant's response to an organism with 95% confidence limits; showing as a result that the average lethal concentration of glyphosate for Bocachico is 32.71mg / l and Capaz of 18.52mg/l, evidencing that Glyphosate, N- (phosphonomethyl) glycine in the form of salt Isopropylamine is moderately toxic to Bocachico and much more toxic to Capaz. These results were compared with other studies with the same active component or with the same species showing similarities with some invertebrates and with the glyphosate herbicide. It is proposed that in the long term these pesticides, by increasing their dose in rice crops in areas of the department of Huila, would be affecting the living conditions of these fishes, commercialization of them and therefore the economy of fishing families in the area. It is recommended to monitor the application of pesticides in agricultural areas to avoid impacts on aquatic ecosystems.



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS**

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

4 de 4

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: **EDUARDO PASTRANA BONILLA**

Firma:

Nombre Jurado: **MARIO SANCHEZ RAMIREZ**

Firma:

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN LETAL 50 DEL GLIFOSATO, N-(FOSFOMETIL) GLICINA EN FORMA DE SAL ISOPROPILAMINA SOBRE JUVENILES DE BOCACHICO (*Prochilodus magdalenae*) Y CAPAZ (*Pimelodus grosskopfii*)

ÁNGELA PATRICIA OJEDA POLANÍA

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

NEIVA- HUILA

2020

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN LETAL 50 DEL GLIFOSATO, N-(FOSFOMETIL) GLICINA EN FORMA DE SAL ISOPROPILAMINA SOBRE JUVENILES DE BOCACHICO (*Prochilodus magdalenae*) Y CAPAZ (*Pimelodus grosskopfii*)

ÁNGELA PATRICIA OJEDA POLANÍA

Tesis de grado para optar el título de

Magister en Ingeniería y Gestión Ambiental

DIRECTOR

PhD. RUBÉN DARIO VALBUENA VILLARREAL

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

NEIVA- HUILA

2020

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Nota de Aceptación

Director de Investigación

Ph.D. Rubén Darío Valbuena Villarreal

Jurados

PhD. Mario Sánchez Ramírez

PhD. Eduardo Pastrana Bonilla

Fecha: marzo 21 de 2020

Dedicatoria

Quiero dedicarles este trabajo a mis padres, esposo, hijo y hermanos, quienes me brindaron la fortaleza y la capacidad para llevar a feliz término la presente investigación. Además, por el apoyo incondicional, constante cooperación y porque han estado presente en los mejores y difíciles momentos de mi vida.

Agradecimiento

A las investigadoras Beatriz Zapata, Angélica Otero y demás personal de apoyo de la Estación Experimental de la Universidad Surcolombiana liderada por el profesor Rubén Darío Valbuena Villarreal, por su dirección y asesoría en el desarrollo de la presente investigación. A los amigos y resto de familiares que de una u otra manera contribuyeron al alcance de este logro tan importante en mi vida.

CONTENIDO

1.INTRODUCCIÓN	155
2.OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	166
2.1. Objetivo General	166
2.2. Objetivos Específicos.	166
3. REFERENCIA DE INVESTIGACIÓN	177
3.1. Marco Teórico.....	177
3.2. Marco legal..	26
4. METODOLOGIA	299
4.1. Localización del área de estudio	29
4.2. Pruebas Preliminares	30
4.2.1. Unidades Experimentales	30
4.2.2. Captura de juveniles	31
4.2.3. Etapa de adaptación	32
4.2.4. Alimentación de los organismos prueba.....	36
4.2.5. Preparación del agua para las pruebas toxicológicas	37
4.2.6. Ensayos preliminares	448

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

4.3. Pruebas finales toxicológicas	43
4.3.1. Montaje de las pruebas toxicológicas	44
4.3.2. Resultados fisicoquimicos finales	45
4.3.3. Análisis Estadístico	46
4.3.3.1. Probit	47
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
5.1. Pruebas de Toxicidad	50
5.1.1. Pruebas de toxicidad en el Bocachico	50
5.1.2. Pruebas de toxicidad en el Capaz	554
5.2. Análisis comparativos de la concentración letal media.....	58
5.3. Pautas para el Manejo y Aplicación del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre el cultivo del arroz.....	60
5.3.1. Diseño predial.....	64
5.3.2. Preparación del suelo.....	64
5.3.3. Siembra.....	65
5.3.4. Fertilización de presiembra incorporada y fertilización a la siembra.....	65
5.3.5. Riego.....	66
5.3.6. Control de Malezas.....	67

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

5.3.7. Fertilización nitrogenada post - siembra.....	67
5.3.8. Inundación definitiva.....	67
5.4. Discusiones	68
6. CONCLUSIONES	75
7. REFERENCIAS.....	77
ANEXOS	86

FIGURAS

FIGURA 1. EL CAPAZ (<i>PIMELODUS GROSSKOPFII</i>).....	21
FIGURA 2. BOCACHICO (<i>PROCHILODUS MAGDALENAE</i>).....	22
FIGURA 3. MAPA DE REFERENCIA DE ESTUDIO	299
FIGURA 4. ESTACIÓN EXPERIMENTAL SURCOLOMBIANA DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS – ESRH.....	30
FIGURA 5. MONTAJE DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES.....	31
FIGURA 6. CAPTURA DE JUVENILES.....	32
FIGURA 7. TRASLADO DE JUVENILES A TANQUES.....	32
FIGURA 8. ESQUEMA METODOLÓGICO DE ACONDICIONAMIENTO; ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO	38
FIGURA 9. ESQUEMA DEL MONTAJE DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES.....	39
FIGURA 10. ESQUEMA METODOLOGICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	43
FIGURA 11. ESQUEMA DE PRUEBAS TOXICOLÓGICAS.....	47
FIGURA 12. LABORATORIO DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL.....	49
FIGURA 13. MONITOREO CON EQUIPO MULTIPARAMETRICO.....	50
FIGURA 14. COMPARACIÓN DE LAS CURVAS KAPLAN-MEIER DE SOBREVIVENCIA CALCULADA PARA LA ESPECIE PROCHILODUS MAGDALENAE	52
FIGURA 15. COMPARACIÓN DE LAS CURVAS DE SOBREVIVENCIA EN PRESENCIA DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DEL GLIFOSATO, N-(FOSFONOMETIL) CALCULADA PARA LA ESPECIE PROCHILODUS MAGDALENAE	53
FIGURA 16. COMPARACIÓN DE LA SOBREVIVENCIA A LAS 96 HORAS EN PRESENCIA DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DEL GLIFOSATO, N-(FOSFONOMETIL), PARA LA ESPECIE PROCHILODUS MAGDALENAE	54
FIGURA 17. COMPARACIÓN DE LAS CURVAS KAPLAN-MEIER DE SOBREVIVENCIA CALCULADA PARA LA ESPECIE CAPAZ.....	56

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

FIGURA 18. COMPARACIÓN DE LAS CURVAS DE SOBREVIVENCIA EN PRESENCIA DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DEL GLIFOSATO, PARA EL CAPAZ 57

FIGURA 19. COMPARACIÓN DE LA SOBREVIVENCIA A LAS 96 HORAS EN PRESENCIA DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DEL GLIFOSATO, N-(FOSFONOMETIL), PARA LA ESPECIE CAPAZ..... 58

FIGURA 20. CL 50 PARA LAS ESPECIES DE BOCACHICO (*PROCHILODUS MAGDALENAE*) Y CAPAZ (*PIMELODUS GROSSKOPFII*)..... 59

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Tablas

TABLA 1. MARCO LEGAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	266
TABLA 2. BIOMETRIA BOCACHICO.....	33
TABLA 3. BIOMETRIA CAPAZ.....	34
TABLA 4. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL ALIMENTO MOJARRA 38	36
TABLA 5. CONSIDERACIONES AL MOMENTO DE REALIZAR LA PRUEBA.....	41
TABLA 6. DOSIFICACIÓN POR TRATAMIENTO.....	44
TABLA 7. PROMEDIO PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA.....	49
TABLA 8. PROMEDIO (\pm) DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA SOBREVIVENCIA MEDIDA EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS PARA LAS ESPECIES PROCHILODUS MAGDALENAE (BOCACHICO)	511
TABLA 9. PROMEDIO (\pm) DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LAS SOBREVIVENCIA MEDIDA EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS PARA LAS ESPECIE PIMELODUS GROSSKOPFII (CAPAZ)	54
TABLA 10. CAMBIOS FÍSICOS DEL BOCACHICO Y CAPAZ	59
TABLA 11. RESUMEN DE LAS CONCENTRACIONES OBSERVADAS DE GLIFOSATO EN CUERPOS DE AGUA DULCE.....	61

RESUMEN

Colombia ha tenido en los últimos años un problema ambiental generado por los elementos tóxicos derivados de la industria agropecuaria, minera y petrolera, en donde sus componentes activos han generado un desacierto en las políticas públicas ambientales del país, lo cual induce a una sociedad toxica y más aun con el agua siendo esta el elemento que genera y conserva la vida en nuestro planeta. En este orden de ideas, en el agua los peces tienen la capacidad de almacenar en su organismo concentraciones toxicas derivadas de estas industrias, por ende la presente investigación tiene como objetivo determinar la concentración letal media (CL₅₀) del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre los organismos acuáticos de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*). Los bioensayos se realizaron en la Estación Experimental de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad Surcolombiana, usando 200 juveniles de Bocachico bajo las concentraciones de 28, 30, 32 y 34 mg/L y 200 juveniles de Capaz bajo las concentraciones de 16, 18, 20 y 22 mg/L, tres replicas para cada concentración, se observó la mortalidad para 12, 24, 48, 72, 96 horas de exposición. Los resultados obtenidos se analizaron utilizando el programa de método de unidades probabilísticas “Probit” el cual evalúa la relación concentración respuesta de un contaminante sobre un organismo con límites de confiabilidad del 95%; arrojando como resultado que la concentración letal media del Glifosato para el Bocachico es de 32.71mg/l y el Capaz de 18.52mg/l, evidenciando que el Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina es moderadamente toxico para el Bocachico y mucho más toxico para el Capaz. Estos resultados fueron comparados con otros estudios con el mismo componente activo o con las mismas especies mostrando similitudes con algunos invertebrados y con el herbicida

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

glifosato. Se plantea que a largo plazo estos herbicidas al aumentar su dosis en cultivos del arroz en zonas del departamento del Huila, estarían afectando las condiciones de vida de estos peces, la comercialización de ellas y por ende la economía de las familias pesqueras de la zona. Se recomienda monitorear la aplicación de los plaguicidas en las áreas agrícolas para evitar impactos sobre los ecosistemas acuáticos.

Palabras claves: Bioensayo, Toxicidad Aguda, Glifosato, Bocachico, Capaz.

ABSTRACT

Colombia has had in recent years an environmental problem generated by the toxic elements derived from the agricultural, mining and oil industry, where its active components have generated an error in the country's environmental public policies, which induces a toxic and toxic society. even more with water being the element that generates and conserves life on our planet. In this order of ideas, in the water the fish have the capacity to store in their organism, toxic concentrations derived from these industries, therefore the objective of this study is to determine the mean lethal concentration (LC50) of Glyphosate, N- (phosphonomethyl) glycine in the form of salt Isopropylamine on the aquatic organisms of Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) and Capaz (*Pimelodus grosskopfii*). The bioassays were carried out at the Experimental Station of Hydrobiological Resources of the Surcolombiana University, using 200 juveniles of Bocachico under the concentrations of 28, 30, 32 and 34 mg/L and 200 juveniles of Capaz under the concentrations of 16, 18, 20 and 22 mg/L, three replicates for each concentration, mortality was observed for 12, 24, 48, 72, 96 hours of exposure. The results obtained were analyzed using the probabilistic units method program "Probit" which evaluates

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

the relationship between a contaminant's response to an organism with 95% confidence limits; showing as a result that the average lethal concentration of glyphosate for Bocachico is 32.71mg / l and Capaz of 18.52mg/l, evidencing that Glyphosate, N- (phosphonomethyl) glycine_in the form of salt Isopropylamine is moderately toxic to Bocachico and much more toxic to Capaz. These results were compared with other studies with the same active component or with the same species showing similarities with some invertebrates and with the glyphosate herbicide. It is proposed that in the long term these pesticides, by increasing their dose in rice crops in areas of the department of Huila, would be affecting the living conditions of these fishes, commercialization of them and therefore the economy of fishing families in the area. It is recommended to monitor the application of pesticides in agricultural areas to avoid impacts on aquatic ecosystems.

Key words: Bioassay, Acute Toxicity, Glyphosate, Bocachico, Capaz

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo el Glifosato es un ácido usado en forma de sales, más comúnmente la sal isopropilamina de Glifosato, o sal isopropilamina de N-(fosfometil) glicina (Kerguelén 2001). Su nombre comercial más conocido en América del Sur es el ROUNDUP® 747 SG. 1 El riesgo está en que estos productos llegan al suelo sin perder su capacidad tóxica y aunque aparentemente sean almacenados en el suelo en forma inactiva, su efecto no es plenamente conocido, sin embargo, en el agua este componente se activa (De Fex 1996). Según reporte del Grupo de Plaguicidas Químicos de uso Agrícola (Instituto Colombiano Agropecuario 2016), en Colombia se consume alrededor de 50.925.132 litros de herbicidas al año, de los cuales aproximadamente el 72% corresponde al Glifosato. Por tratarse de un producto químico es de suponerse que su reacción más significativa se da con los organismos del suelo cuando el herbicida llega a éste, afectando indirectamente el agua por esorrentía y superficial, de tal forma que pueden ser incorporados en su metabolismo o simplemente ser almacenados en su estructura y en el suelo.

Por el cual el Glifosato es un herbicida sistémico que actúa en post-emergencia, no selectivo, de amplio espectro, usado para controlar plantas no deseadas como pastos anuales y perennes, hierbas de hoja ancha y especies leñosas, debido a que toda obra o actividad desarrollada por el hombre, independientemente de su finalidad, impacta en mayor o menor grado los componentes y sus interacciones en los ecosistemas que sean intervenidos. Es por esto, que para este proyecto de investigación se estudió el grado de afectación que tiene concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*), los cuales son

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

actualmente tomados como indicadores biológicos de los ecosistemas acuáticos. Uno de los principales problemas del recurso hídrico se debe a los resultados de las actividades humanas las cuales descargan contaminantes al agua sobre regiones extensas (Vásquez 2013). Una vez utilizados los herbicidas éstos son arrastrados hasta los ríos por la lluvia y la erosión del suelo afectando considerablemente la vida acuática entre ella Bocachico (*P. magdalenae*) y Capaz (*P. grosskopfii*) (Cortés 2003). Igualmente, la detección de condiciones ambientales complejas, en estas especies de peces son considerados como sensores de los cambios que operan en el medio (Carrera, et al 2015). Se debe considerar además que estos peces son una fuente importante de proteínas y son unas especies de gran valor económico y deportivo.

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Objetivo General

Determinar la concentración letal media (Cl_{50}) del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina en las especies ícticas Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*) a través de pruebas toxicológicas.

2.2. Objetivos Específicos.

- Determinar la sensibilidad de los juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*) expuestos al Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

- Comparar los resultados obtenidos de la concentración letal media (Cl50) del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina en las especies Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*).
- Establecer las pautas para el manejo y aplicación del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre el cultivo del arroz.

3. REFERENCIA DE INVESTIGACIÓN

3.1.Marco Teórico

Existen sustancias, las cuales cuando se absorben en cantidades relativamente pequeñas pueden causar enfermedades, lesiones o la muerte, por lo cual se consideran como tóxicas, entre estas se encuentran el monóxido de carbono, el ácido cianhídrico, el dióxido de azufre, los plaguicidas, los metales pesados, etc. Su toxicidad se mide mediante la DL50 (Dosis Letal 50) que es la dosis en la que se presenta la muerte de la mitad de los especímenes de laboratorio en los que se probó la sustancia (Meyer 1999).

En Colombia, el uso indiscriminado de plaguicidas en la agricultura y la falta de implementación de buenas prácticas agrícolas en los aplicadores generan un gran impacto en el ecosistema, aunque las entidades nacionales y regionales han tratado de regular su uso indiscriminado a través de programas y normas con el fin de mejorar las actividades agrícolas, intentando reducir los impactos generados en el ecosistema. Sin embargo, el uso de plaguicidas sigue siendo elevado, principalmente en cultivos de arroz, plátano, banano, papa y algodón,

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

siendo el cultivo del arroz quien ocupa uno de los primeros lugares en uso de plaguicidas en el país (López et al, 2015).

En este sentido, se estima que solo el 1% del plaguicida aplicado en los cultivos llega a los organismos blanco, mientras que el 25% es retenido en el follaje del cultivo, el 30% llega al suelo y el 44 % restante es exportado a la atmósfera y a los sistemas acuáticos por escorrentía y lixiviación (Brady et al, 1996)

Las plagas en el medio agrícola es cualquier organismo que afecte el desarrollo y crecimiento de un cultivo, por lo tanto, el uso frecuente de plaguicidas ha intensificado la resistencia de las plagas, ha contaminado el ambiente, los productos del campo, entre otros efectos adversos en organismos, siendo las malezas un tipo de plaga que afecta el crecimiento de cultivos (Pantoja, et al., 1997) causando consecuentemente daños directos como reducción en el crecimiento y rendimiento en la producción e indirectos cuando sirven de hospederos a plagas (artrópodos) afectando las cosechas (Meneses, et al., 2001).

Al igual que en el cultivo de arroz, la presencia de malezas en praderas ganaderas y otros cultivos, reducen su productividad, por lo tanto, el uso de herbicidas como el glifosato se convirtió en una alternativa conveniente por costo y eficacia (Martínez et al., 2012), como el herbicida más utilizado en el mundo para la erradicación de cultivos ilícitos y control de malezas. Encontrándose registrado en Colombia en la categoría toxicológica IV, ligeramente tóxicos (Varona et al., 2009)

Para permitir al glifosato atravesar y adherirse fuertemente a la superficie cuticular de las hojas se le adicionan diversas sustancias tales como emulsificantes, solventes y surfactantes (como

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

la Polioxietilamina -POEA, incluido en la presentación comercial), en sus diferentes presentaciones comerciales; los cuales son químicos que pueden llegar a ser más peligrosos que el principio activo. El Glifosato junto con el POEA ha evidenciado un efecto sinérgico entre ellos, demostrándose además que el surfactante es más tóxico que el glifosato mismo (Rondón et al., 2012).

Además, se ha demostrado que el POEA contenido en el Roundup® puede interferir con la respiración cutánea de las ranas y la respiración branquial en renacuajos (Folmar L 1979) al igual que producir alteraciones en el tejido branquial de los peces, y su toxicidad tiende a ser mayor con periodos de exposición más prolongados (Rondón et al., 2012)

Colombia es uno de los países latinoamericanos con mayor diversidad en el recurso íctico, sin embargo, la sobrepesca y la contaminación de los ríos proveniente del uso indiscriminado de plaguicidas, aguas servidas, desechos sólidos, actividad minera y petrolera, ha venido poco a poco disminuyendo este recurso en la región.

El Capaz (*P. grosskopfii*) y el Bocachico (*P. magdalenae*) son especies nativas del Río Magdalena. El Capaz es la especie dulceacuícola con mayor importancia comercial en Colombia (Jaramillo-Villa y Jiménez-Segura 2008) pertenece al orden Siluriformes, familia Pimelodidae, es conocido como barbudo, barbule, barbul negro y barbudo cañero, en cuanto a su distribución geográfica es una especie endémica de Colombia que habita las cuencas y subcuencas de los ríos Magdalena, Cauca, San Jorge, Sinú, Cesar, Atrato, Baudó y Catatumbo (Ortega – Lara, et al 2000; F. A. Villa-Navarro 2002; Maldonado-Ocampo, J. A. y Usma. 2008; Jiménez-Segura 2007; Mojica, León y Lasso, 2012); también ha sido reportado en los embalses

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

de Betania (Huila) y Prado (Tolima) (Villa-Navarro, et al., 1999). Se caracteriza por ser un pez de tamaño mediano, cuerpo de color gris con visos dorados, oscuro en el dorso y con puntos negros. Presenta un puente óseo desde el cráneo hasta la aleta dorsal, la hipófisis postcleitral es aplanada y triangular, los primeros radios de las aletas pectorales y dorsal están provistos de espinas fuertes, aleta adiposa larga (Villa-Navarro et al., 1999), la distancia entre las comisuras de la boca es mayor que la longitud del rostrum (Maldonado-Ocampo, et al 2008).

Jiménez-Segura y Villa-Navarro (2011) estiman un peso máximo de 320 g y registran que la talla media para la cuenca del Magdalena se ha mantenido por encima de los 20 cm; sin embargo, en los embalses de Betania y Prado y en las ciénagas del Magdalena medio, estas tienden a ser mayores (23,5 cm LE, 27,8 cm LE y 31,3% LE, respectivamente) (Mojica et al., 2012). Es una especie omnívora con tendencia a ser carnívora con preferencia por insectos, macroinvertebrados y larvas de peces (Villa-Navarro et al., 1999). Por la calidad de su carne tiene una alta aceptación a nivel comercial, lo cual la hace una especie interesante para producir comercialmente (Carrera, et al 2015), como se muestra en la Figura 1



Figura 1. El Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

El Bocachico pertenece al orden Characiformes, familia Prochilodontidae, es conocido como pescado o chico de boca, es una especie endémica de Colombia que se encuentra distribuido geográficamente en la cuenca del Río Magdalena (Maldonado-Ocampo et al., 2008) y en subcuencas del Magdalena, Sinú y Atrato. Se reconoce fácilmente por su boca pequeña, carnosa y prominente, provista de una serie de dientes diminutos en los labios y por la presencia de una espina predorsal punzante.

La coloración de los adultos es plateada uniforme, con aletas con matices rojos o amarillos como se muestra en la Figura 2. Sus escamas son rugosas al tacto y la serie de la línea lateral está compuesta por 40 a 46 escamas perforadas. Las aletas dorsal y anal con 10 a 11 radios cada una (Mojica, et al 2012). No obstante, persisten vacíos de información, principalmente en lo que respecta a aspectos reproductivos, genéticos poblacionales, dinámicas poblacional y migratoria en las cuencas del Magdalena y Atrato.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)



Figura 2. Bocachico (*Prochilodus magdalenae*)

La cuenca Magdalena, en sus mejores momentos, antes de la declinación en sus capturas, produjo cerca del 50% de la pesca total de la cuenca, con cerca de 40.000 toneladas anuales (Valderrama, et al., 1993). Su situación es alarmante, pues se estima que el volumen de capturas ha descendido en un 90% en los últimos años. La talla media de captura se redujo de 38 cm en 1973 a 27 cm en 1987 (Zárate et al., 1988). La pesca total de esta especie en el Magdalena descendió de 38.000 toneladas en 1978 a solo 6.000 toneladas en 1999, lo que en términos porcentuales corresponde a una pérdida del 84% (Mojica et al., 2012).

La problemática de conservación de las especies nativas en el Río Magdalena está relacionada íntimamente con el deterioro ambiental y su entorno. Por este motivo, se han realizado evaluaciones de impactos ambientales relacionados con el río, entre los que se han identificado procesos de contaminación acuática, deterioro del hábitat en el cauce, alteración en el régimen del caudal y la consecuente disminución de la población de peces (Sánchez et al., 2000).

Sistema Digestivo en Peces: El sistema digestivo lleva a cabo cuatro funciones, que son: (1) la digestión del alimento, (2) osmorregulación, (3) secreción de hormonas involucradas en la regulación de la digestión, el metabolismo y otras funciones del cuerpo y, (4) defensa del organismo ante la invasión de patógenos, sustancias y metabolitos tóxicos del medioambiente (Ostrander 2000; Merrifield y Ringo 2014). El tracto gastrointestinal de los peces se divide en cuatro regiones: la cabeza, el intestino anterior, el intestino medio y el intestino posterior (Harder 1975). La cabeza está compuesta por los dientes, la boca y la faringe, su función principal es la adquisición y el procesamiento mecánico del alimento.

El intestino anterior está comprendido por el esófago y el estómago, órganos en donde se lleva a cabo la digestión mecánica y química del alimento. El intestino medio contiene la porción más grande del intestino y es el lugar donde continúa el procesamiento químico del alimento y en el que ocurre principalmente la absorción de los nutrientes. La región del intestino posterior, es la sección final del intestino en la que se encuentra el recto, porción del órgano que se encarga de la excreción de heces (Gartner y Hiatt 2007; Kerr 2010; Grosell, Farrell y Brauner 2011). El esófago es un órgano de transición que conecta la faringe con el estómago o el intestino (en peces que carecen de estómago) (Brown 1957; Hoar, et al 1979; Halver, et al 2002; Grosell, et al 2011). Morfológicamente el esófago se compone de cuatro capas: la mucosa, la submucosa, la muscular y la serosa (Gómez, et al 2011). La capa mucosa se caracteriza por la presencia de pliegues longitudinales que facilitan el paso del alimento. Usualmente esta capa se compone de epitelio estratificado, células caliciformes y una fuerte membrana basal.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Las células caliciformes protegen y lubrican la capa mucosa del daño químico y mecánico generado durante el proceso de deglución por medio de la secreción de mucus (Hoar, et al 1979; Halver, et al 2002; Grosell, et al 2011). La segunda capa, la submucosa se compone de tejido conectivo vascularizado (Dahl 1971). La capa muscular, puede presentar musculo estriado con varias orientaciones, dependiendo de los hábitos alimenticios del pez. Finalmente, la capa serosa se encuentra generalmente constituida por tejido conectivo laxo (Gómez, et al 2011). El estómago es una porción del tracto digestivo con un revestimiento de células distintivo, en donde es secretado ácido y algunas enzimas digestivas como las pepsinas, para el procesamiento químico del alimento. En términos histológicos, el estómago tiene cuatro capas (al igual que el esófago): la mucosa, la submucosa, la muscular y la serosa. Adicionalmente, el estómago se divide en dos porciones, una cardíaca (anterior) y otra fúndica o pilórica (posterior), las cuales son separadas por una región transicional y se diferencian en que la primera contiene glándulas gástricas, mientras que la segunda carece de éstas (Hoar et al 1979; Halver, et al 2002; Grosell, et al 2011). La mucosa de la zona cardíaca presenta epitelio columnar intercalado con invaginaciones o criptas gástricas que desembocan en túbulos o alveólos. Además, la mucosa está compuesta por células oxinticopépticas, como las parietales y las zimogénicas, que contienen gránulos acidofílicos y se encargan de la secreción de mucinas, ácidos, pepsinas y otros compuestos que ayudan a la digestión química del alimento (Halver, et al 2002; Grosell, et al 2011).

Efecto del glifosato en el sistema digestivo: Investigaciones recientes han demostrado que el glifosato tiene diversos efectos negativos sobre el sistema digestivo en peces, cerdos, ganado, ovejas, gallinas y humanos. El contacto de estos organismos con el glifosato puede darse de

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

manera directa, al ingerir agua de fuentes contaminadas con el herbicida o de manera indirecta, al consumir alimento elaborado con semilla de soya, maíz y/o trigo GR (Hued, et al 2012; Samsel, et al 2013). Uno de los efectos adversos observados es la perturbación del balance de la flora intestinal, lo que implica una disminución en la población de bacterias benéficas, como *Enterococcus*, *Bifidobacteria* y *Lactobacillus*, y un incremento en la población de bacterias patógenas, entre ellas *Salmonella*, *Staphylococcus* y *Clostridium*. Esta última es de especial importancia, ya que excreta sustancias como el p – Cresol y el fenol, las cuales son altamente tóxicas, cancerígenas y pueden ocasionar daños en el sistema nervioso central, el sistema cardiovascular, los pulmones, el riñón y el hígado (Samsel, et al 2013; Seneff, et al 2015).

Otra secuela del efecto del glifosato que ha sido ampliamente documentada es la interferencia en el citocromo P450 (CYP), la cual cumple diversas funciones, entre ellas el metabolismo de medicamentos y sustancias tóxicas y la producción de ácido biliar, hormonas esteroideas y ácidos grasos. Un estudio en ratas demostró que el glifosato disminuye los niveles de CYP y la actividad monooxigenasa en el hígado y el intestino. Además, la exposición intraperitoneal de Roundup en ratas, en concentraciones agudas y por pequeños intervalos de tiempo, induce daños irreversibles en los hepatocitos y en los riñones (Williams, et al 2000).

En humanos se evidenció que la CYP3A, la cual se expresa en las microvellosidades intestinales y cumple un papel importante en el metabolismo de medicamentos, es afectada por el glifosato causando una disminución en su expresión. De igual manera, se ha visto que las personas con síndrome de hígado graso no alcohólico podrían haber sido expuestas a concentraciones de glifosato, lo cual se presume que ocasionaría la inhabilidad para metabolizar el colesterol a través del hígado, debido al deterioro en la CYP. Otras enfermedades

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

que han sido relacionadas con la exposición al glifosato en humanos son la esofagitis eosinofílica y la inflamación de diversos órganos por la acumulación de sulfatos (Seneff, et al 2015). El daño en las microvellosidades asociado a la exposición a glifosato, además de las implicaciones estructurales, tiene importancia funcional, puesto que se ha evidenciado que debido a esto puede verse deteriorada la capacidad para absorber una serie de importantes nutrientes, incluyendo las vitaminas B6 y B12, el ácido fólico, así como el hierro, el calcio y el cobalto. También se ha mencionado que el glifosato puede quemar algunos minerales, impidiendo su disponibilidad lo que ocasiona enfermedades por la carencia de los mismos.

3.2.Marco legal

En este apartado se describen las normas competentes frente al proyecto de investigación con referencia a las normas que rigen a Colombia, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Marco legal del proyecto de investigación.

NORMA	DESCRIPCIÓN
Ley 09 de 1979, artículo 142	Uso y manejo de plaguicidas. En la aplicación de plaguicidas deberán adoptarse todas las medidas adecuadas a fin de evitar riesgos para la salud de las personas empleadas en esa actividad y de los ocupantes de las áreas o espacios tratados, así como la contaminación de productos de consumo humano o del ambiente en general,

de acuerdo con la reglamentación que expida el Ministerio de Salud.

Ley 99 de 1993

Por el cual el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en ejercicio de las funciones de evaluación, control y seguimiento asignadas en la Ley.

Decreto 1843 de 1991, Artículos 82 –
101

Uso y manejo de plaguicidas para actividades agrícolas, indican los requisitos y condiciones técnico sanitarias.

Resolución 1068 de 1996

Por la cual se adopta el Manual Técnico en Materia de Aplicación de Insumos Agrícolas.

Decreto 775 de 1990

El control y la vigilancia epidemiológica en el uso y manejo de Plaguicidas, deberá efectuarse con el objeto de evitar que afecten

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

la salud de la comunidad, la sanidad animal
y vegetal.

4. METODOLOGIA

4.1. Localización del área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad Surcolombiana (ESRH), localizada en el valle del Juncal, jurisdicción del municipio de Palermo, vereda San Miguel en el departamento del Huila a 7 kilómetros de la ciudad de Neiva y a 461 m.s.n.m. con un área aproximada de 30 hectáreas, geográficamente está a 2°50' latitud norte y 75°20' longitud oeste. Esta zona presenta una temperatura ambiental promedio de 28.6 °C.

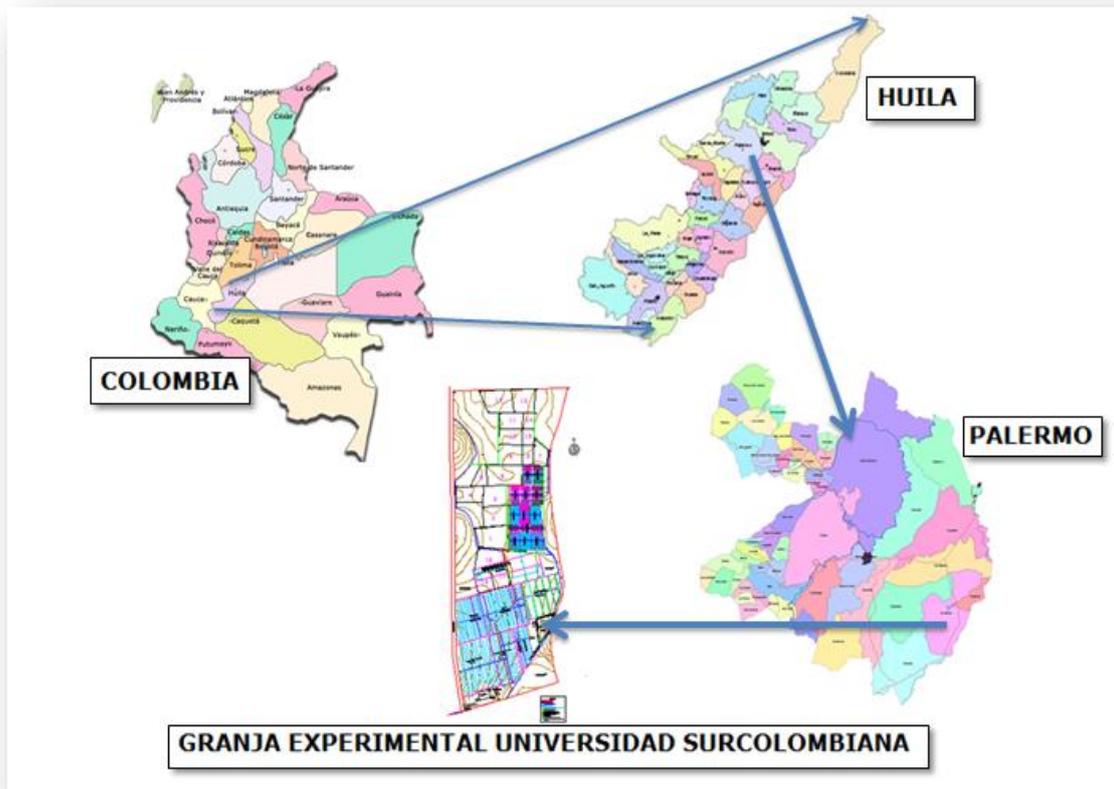


Figura 3. Mapa de referencia Estación Experimental

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

La Estación Experimental Surcolombiana de Recursos Hidrobiológicos, cuenta con 34 estanques en tierra que suman 7.300 m² de espejo de agua y una infraestructura de 400 m² que incluye: áreas de reproducción de peces, producción en masa de alimento vivo, laboratorios de incubación, larvicultura y experimentación. La estación también tiene oficina, bodega y está dotada con el equipamiento necesario para todos los procesos de investigación. A continuación se muestra en la Figura 4 La Estación Experimental Surcolombiana de Recursos Hidrobiológicos.



Figura 4. Estación experimental Surcolombiana de Recursos Hidrobiológicos – ESRH

4.2. Pruebas Preliminares

4.2.1. Unidades Experimentales

Para la realización de las pruebas para determinar la CL 50, se instalaron dos estantes metálicos en donde se ubicó una batería de 15 acuarios con capacidad de almacenamiento de 20 litros

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

cada uno, empleándose 10 juveniles en cada unidad con suministro de aireación constante a través de mangueras conectadas a piedras difusoras. A continuación se muestra en la figura 5 el montaje de las unidades experimentales.



Figura 5. Montaje de las unidades experimentales

4.2.2. Captura de Juveniles

Para llevar a cabo el experimento se utilizaron dos lotes de animales, uno con 200 juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y otro con 200 juveniles de Capaz (*Pimelodus grosskopfii*), los cuales fueron obtenidos por reproducción inducida en la ESRH y posteriormente sembrados en estanques en tierra, quienes pasados 90 días estos alevinos fueron capturados por medio de chinchorros.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)



Figura 6. Captura de Juveniles

4.2.3. Etapa de adaptación

Una vez capturados los juveniles, fueron trasladados a tanques plásticos de 2000 L donde permanecieron por un periodo de 24 horas sin alimentación, para disminuir el estrés por la manipulación (figura 7).



Figura 7. Traslado de juveniles a tanques

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Finalizado este periodo de aclimatación o adaptación se midieron y pesaron los peces de 90 días de nacidos, los cuales fueron anestesiados con mexileato de tricaina con el propósito de evitar estrés. El peso promedio de los juveniles de Bocachico fue de 8.5 gramos y una talla promedio de 10.4 centímetro, en los juveniles de Capaz el peso promedio fue de 8.7 gramos y una talla promedio de 12 centímetros como se muestra en la tabla 2 y 3.

Tabla 2. Biometría Bocachico

Tamizaje Promedio Especie Bocachico		
N°	PESO (g)	TALLA (cm)
1	9.7	11
2	8.04	10.17
3	12.93	11.9
4	11.69	11.5
5	8.74	10.7
6	6.82	9.8
7	7.24	10
8	8.15	10.4
9	6.63	9.4

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

10	8.8	10.6
11	7.35	10.2
12	7.85	10.1
13	7.71	10.5
14	8.24	10
15	7.38	10.3
16	7.73	10.4
17	8.55	10.2
18	7.89	10.1
19	9.51	11
20	8.27	10.4
Promedio	8.5	10.4335

Tabla 3. Biometría Capaz

Tamizaje Promedio Especie Capaz		
N°	PESO (g)	TALLA (cm)

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

1	14	13.5
2	13.7	12
3	7.3	11.5
4	8.46	12.4
5	7.4	11.4
6	9.7	11.8
7	11.3	12.3
8	8.6	11.4
9	9.2	11.8
10	8.6	12.3
11	12.5	11
12	10.2	10.7
13	11.5	10
14	10.7	14
15	9.3	12.2
16	10.4	12.5

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

17	9.8	11.2
18	13	12
19	10.4	10.8
20	9.2	12.3
Promedio	10.3	11.855

4.2.4.

Alimentación de los Organismos Prueba

Antes de la realización de las pruebas de toxicidad durante el tiempo que permanecieron los juveniles en el laboratorio, se les suministró alimento MOJARRA 38 de la casa comercial de SOLLA Registro ICA número 4021, como se muestra en el anexo A, se les suministró dos veces al día de acuerdo a las indicaciones del fabricante (200 mg/día de acuerdo al peso y la edad). En la tabla 4 se observa la composición nutricional del alimento:

Tabla 4. Composición nutricional del alimento mojarra 38

Proteína mínima	38%
Grasa mínima	4%
Fibra máxima	4%

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Ceniza máxima	12%
Humedad máxima	13%

Fuente: casa comercial de SOLLA 2019

No se suministró alimento por 48 horas antes de la prueba de toxicidad, ni durante las 96 horas del experimento debido al amoniaco (NH_3) que es la forma más común de residuos nitrogenados provenientes de la excreta, que podría afectar la supervivencia de los juveniles alterando los resultados y condiciones de la prueba.

4.2.4. Preparación del agua para las Pruebas Toxicológicas

El agua que se empleó en las pruebas fue agua potable que previo al ensayo toxicológico permaneció aireando en acuarios de 20 litros durante un periodo mínimo de 5 horas.

Se controló la concentración de oxígeno disuelto que debía permanecer por encima de los 5.5 mg/L, el pH en un rango de 6.5 a 7.8 y la temperatura $< 20^\circ\text{C}$. como se muestra en la figura 8.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)



Figura 8. Esquema metodológico de acondicionamiento

Fuente: CETESB adaptado por el autor

4.2.5. Ensayos Preliminares

Para el desarrollo de las pruebas toxicológicas y para encontrar el rango ideal de la concentración letal del glifosato, se realizaron ensayos preliminares teniendo en cuenta estudios que anteriormente se han desarrollado, tales como Folmar L, 1979, Gámez Rojas, et al 2011 y Jaramillo-Villa, et al 2008.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

En esta investigación se utilizaron las siguientes variables: variable independiente: la concentración de las sustancias de prueba, variable dependiente: la muerte de los organismos, y constantes: los organismos empleados en cada ensayo (10 juveniles por acuario), tiempo de exposición (96 horas) y parámetros fisicoquímicos (T° , conductividad eléctrica, pH, y oxígeno disuelto).

Inicialmente se realizaron pruebas preliminares utilizando rangos de concentraciones entre (0 – 100 mg/L) de Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina. Posteriormente, con los datos de los rangos obtenidos en los ensayos preliminares se realizaron las pruebas finales utilizando diez organismos por acuario con cuatro concentraciones diferentes, y una concentración de control. Cada concentración se realizó por triplicado en bloque completamente aleatorio, para un total de 15 acuario de 20 litros por ensayo (Figura 9).

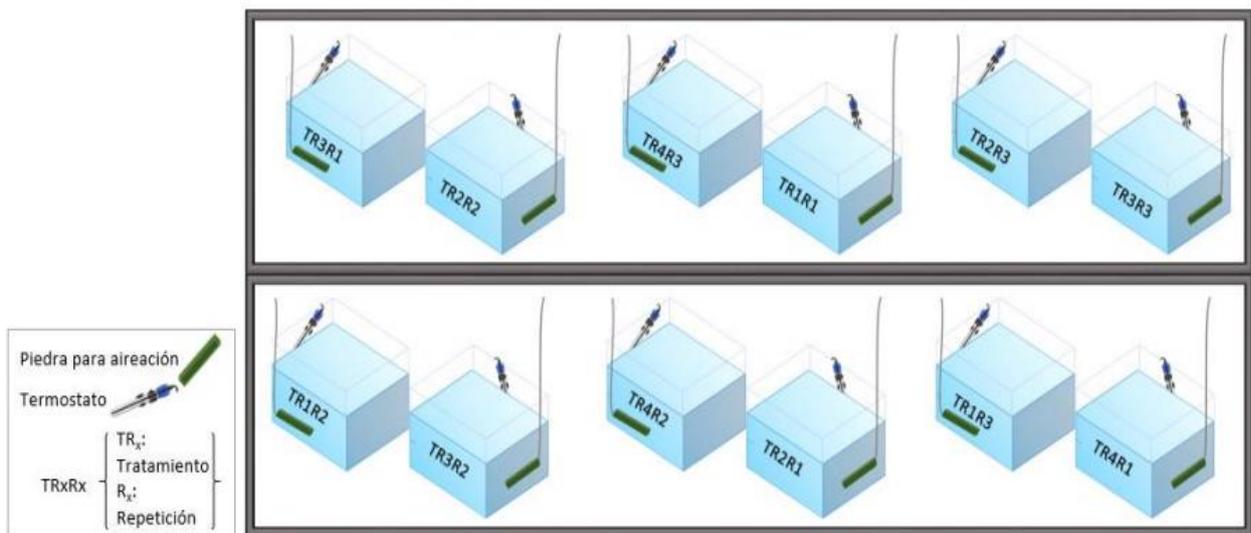


Figura 9. Esquema del montaje de las unidades experimentales

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

En el desarrollo de las pruebas, los resultados obtenidos, se descartaron datos en los que no se observó ningún cambio, por lo tanto se establecieron rangos para la ejecución de nuevas pruebas con concentraciones convenientes es decir que cada procedimiento se ejecutó, hasta observar la mortalidad en el 50 % de los organismos.

Para la realización de las pruebas preliminares para el Capaz se prepararon concentraciones de 2, 4, 6 y 8 mg/l con su respectivo grupo control. En las cuales los organismos sobrevivieron en un 100% en todas las concentraciones, por esta razón estas fueron descartadas de inmediato. Posteriormente se procedió a preparar concentraciones más altas de 8,10,12 y 14 mg/l, en las que se observó que los organismos se comportaron de la misma forma en el 80% de las soluciones. Por lo tanto, se procedió a realizar otras pruebas siendo las concentraciones de 16, 18, 20 y 22 mg/l., en donde la letalidad fue del 50%.

Para la realización de las pruebas preliminares para el Bocachico se prepararon concentraciones de 16, 18, 20, 22 mg/l con su respectivo grupo control. En las cuales los organismos sobrevivieron en un 100% en todas las concentraciones, por esta razón estas fueron descartadas de inmediato. Posteriormente se procedió a preparar concentraciones más altas de (22, 24, 26 y 28 mg/l), en las que se observó que los organismos se comportaron de la misma forma en el 80% de las soluciones, entonces de 28,30, 32 y 34 mg/l. Entonces, al igual que el capaz se procedió a realizar otra prueba aumentada las concentraciones a 28, 30, 32 y 34 mg/l, en donde la letalidad fue del 50%.

Cabe aclarar que todas las pruebas se realizaron por triplicado en cada una de las concentraciones y grupo de control.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

A continuación se describen las condiciones en las que se realizan las pruebas, como es la preparación de las soluciones, montajes de las pruebas de toxicidad y realización de las concentraciones definitivas del Glifosato (*Tabla 5*).

Tabla 5. Condiciones al momento de realizar la prueba

PARAMETRO	DESCRIPCIÓN
TEMPERATURA	Se maneja la misma con la que se mantenían los cultivos (20°C) para evitar que los organismos murieran por cambios bruscos.
ILUMINACION	Las pruebas son realizadas sin presencia de luminosidad con el fin de que los organismos no se sintieran atraídos por esta, y así tuviesen contacto con toda la solución o contaminante.
ALIMENTO	No se agrega alimento, ya que los organismos cuentan con nutrientes que les permite sobrevivir dos días aproximadamente.
EDAD DE LOS ORGANISMOS DE PRUEBA	Se utilizan juveniles de 90 días de nacidos ya que estos resultan más sensibles a los tóxicos que van a ser expuestos. (Glifosato).

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

DURACION DEL ENSAYO	El ensayo se realiza por un tiempo estimado de 96 horas, ya que se tomó una décima parte del ciclo de vida del organismo.
CONTROL	En cada una de las pruebas se debe tener un control, para poder comprobar que los organismos a prueba se están muriendo por el tóxico y no por otras alteraciones del ambiente.

Una vez obtenidos los resultados de mortalidad se realizó un análisis de varianza y como se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos se desarrolló la prueba de Tukey. La concentración letal media (CL50) se calculó usando el programa Probit versión 1,5. Además se empleó un análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos o por el contrario no difieren. El tipo de prueba toxicológica que se realizó fue aguda debido a que se cuantifica la alteración causada por la respectiva sustancia en este caso mortalidad y es estática en la cual no existe renovación de las soluciones durante las 96 horas. Además, no se suministró alimento durante el experimento (Figura 10).

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

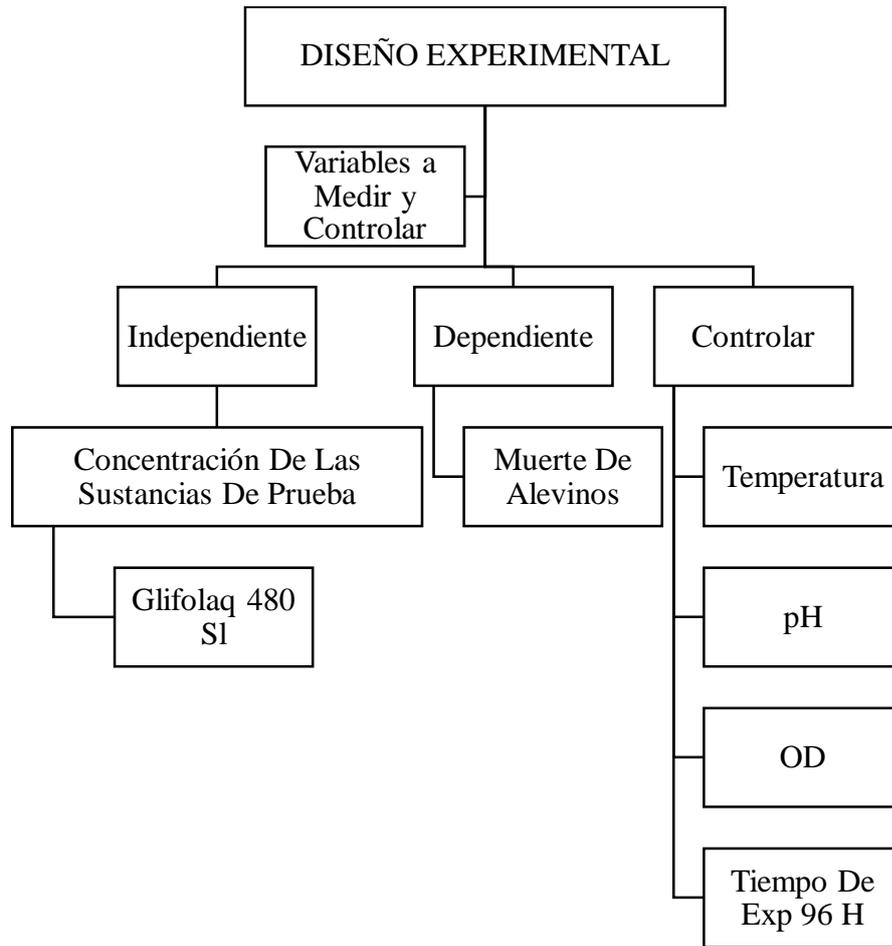


Figura 10. Esquema metodológico del diseño experimental

Fuente: CETESB adaptado por el autor

4.3.Pruebas finales toxicológicas

Esta fase consistió en la realización de las pruebas toxicológicas para las cuales se emplearon unos equipos y materiales siguiendo unos procedimientos como se describe a continuación:

4.3.1. Montaje de las pruebas toxicológicas

Los ensayos se iniciaron en el momento de introducir 10 alevinos en cada una de los acuarios, quienes contaban con aireación constante sin recirculación de agua y sin suministro de alimento durante las 96 horas de exposición al agroquímico, en su interior contenían previamente las concentraciones obtenidas en los ensayos preliminares para las pruebas finales, teniendo en cuenta que en el Capaz las concentraciones obtenida para determinar la CL₅₀ fueron de 16, 18, 20 y 22 mg/l y en el Bocachico fueron de 28, 30, 32, 34 mg/l. Para la etapa de captura y adaptación se empleó de la misma manera descrita en las pruebas preliminares.

Es importante definir que, una vez iniciado el procedimiento anterior, se cuantificaron el número de organismos muertos en cada recipiente durante las 96 horas de experimentación, los cuales una vez observados detenidamente para evidenciar los cambios físicos y registrados, se dispusieron en un congelador en donde se depositan los ejemplares muertos.

Una vez terminados los ensayos, el agua residual contenida en cada acuario, fue depositada en canecas plásticas con capacidad de almacenamiento de 50 litros y recogida por la empresa Serviambiental para ser tratada y eliminada.

Tabla 6. Dosificación por tratamientos

Especies	Tratamientos	Concentración mg/L
Capaz <i>Pimelodus grosskopfii</i>	1	16
	2	18
	3	20

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

	4	22
Bocachico <i>Prochilodus magdalenae</i>	1	28
	2	30
	3	32
	4	34

4.3.2. Resultados Físicoquímicos Finales

Los análisis físicoquímicos de las pruebas finales tienen la misma metodología que las pruebas preliminares. Se realiza la lectura de los microorganismos muertos durante las 96 horas una vez iniciada la siembra de los juveniles en los acuarios, adicionalmente se procede a medir el oxígeno disuelto y el pH, en los acuarios, para corroborar que el efecto tóxico fue producido por un agente químico, en este caso el Glifosato, y no por las constantes que se manejan en la prueba toxicológica. De igual manera las pruebas definitivas son consideradas válidas según metodología CETESB/1992, dentro de las siguientes condiciones:

- La mortalidad en los controles no debe ser mayor que el 10% y preferiblemente no más que el 5%.
- Si la mortalidad en el control sobrepasa el 10%, esta prueba se considera no representativa, se descarta y se requiere la repetición de la misma.
- La concentración de oxígeno disuelto en las soluciones test durante el transcurso del ensayo debe ser mayor a 4mg/L.

4.3.3. Análisis estadístico

Los métodos estadísticos aplicados son los recomendados por el manual *Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms* (USEPA, 2002), de esta manera los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva como promedio \pm desviación estándar. Los datos de sobrevivencia fueron analizados calculando la probabilidad de sobrevivencia final y los intervalos así:

$$S_i^{LT} = \prod_{j=1}^i \frac{N_i - D_i}{N_i}$$

Fuente: Kaplan-Meier 1979

Al obtener los valores de probabilidad, se compararon los resultados de sobrevivencia a través de las curvas Kaplan-Meier, para cada tratamiento. Para establecer diferencias significativas entre los tratamientos se procedió a utilizar estadística no paramétrica, por no presentar una distribución normal los datos analizados. La prueba usada fue la ANOVA de Kruskal-Wallis y se usó una significancia de $p < 0,05$. Los análisis fueron analizados con el software estadístico R Core Team (2018).

Las pruebas de toxicidad se evaluaron en cuatro concentraciones más el control, con tres repeticiones en un diseño en bloque completamente aleatorio. En todos los casos, la eficacia de los tratamientos y las repeticiones se evaluaron a través de un análisis de varianza; en caso de existir diferencias significativas entre los tratamientos y las repeticiones se realizará la prueba de Turkey.

4.3.3.1. Probit

La concentración letal media (CL₅₀) se calculó usando el programa Probit versión 1,5. Además se empleó un análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos o por el contrario no difieren. El método Probit es un procedimiento estadístico paramétrico para hallar la CL₅₀. El análisis consiste en transformar los datos de la mortalidad observados a log₁₀ para obtener una aproximación lineal de los parámetros en la regresión con iteración y con base a esos datos obtenidos se estima la CL₅₀. El método da resultados con un 95 % de confianza y un margen de error del 5%. Para la aplicación del método se usaron las pruebas toxicológicas agudas realizadas a las sustancias de interés como se muestra en la figura 11.

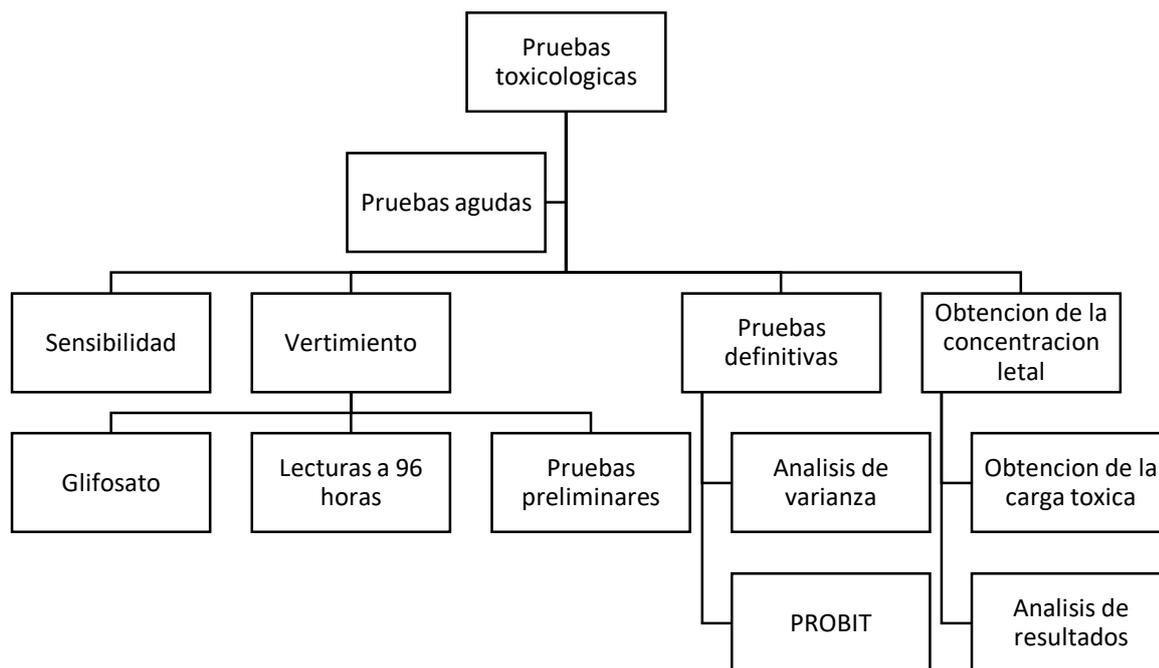


Figura 11. Esquema de pruebas toxicológicas

Fuente: CETEBS adaptado por autor

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el experimento, se establecieron las pautas que se deben tener en cuenta para el uso correcto de este tipo de herbicida en el cultivo del arroz, como es la aplicación de la dosis recomendada por hectárea, implementación de la rotación de los herbicidas, como alternativa para evitar la resistencia del producto y por ende la sobredosificación, utilización de métodos manuales y uso de bioplaguicidas para el control de las malezas para lo cual se tendrá en cuenta la ficha técnica del glifosato y proyectos de investigación donde aborden la predicción del comportamiento fitosanitarios del componente químico activo del glifosato en el cultivo del arroz.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se presentan a continuación son el producto de una investigación que determinó la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*).

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)



Figura 12. Laboratorio de la Estación Experimental

Durante el tiempo de la investigación se llevó a cabo el registro de la información arrojada, como se puede observar en el Anexo A. A su vez, se obtuvo un promedio de datos a través del equipo Multiparamétrico, con este equipo se midieron los parámetros fisicoquímicos del agua.

Tabla 7. Promedio parámetros fisicoquímicos del agua

Oxígeno disuelto (mg/l)	pH	T(°C)	Conductividad Eléctrica (U/cm)
7 - 8 mg/l	7 -8	26 - 26.8 °C	450 – 460



Figura 13. Monitoreo con equipo multiparamétrico

5.1.Pruebas de Toxicidad

El enfoque principal de esta investigación fue determinar y analizar por medio de pruebas toxicológicas la concentración letal del Glifosato sobre el ecosistema acuático. Durante el transcurso de la investigación se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación en los siguientes puntos.

5.1.1. Pruebas de toxicidad en el Bocachico

Las concentraciones de (28, 30, 32 y 34 mg/l) donde se encontró el resultado esperado, la concentración más baja presentó todos los microorganismos vivos, y a medida que la concentración aumentaba, también aumentaba el número de muertes, hasta llegar al 100% de mortalidad en la concentración más alta.

Los resultados de toxicidad se muestra en la tabla 8.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Tabla 8. Promedio (\pm) desviación estándar de la sobrevivencia medida en los diferentes tratamientos para la especie *Prochilodus magdalenae* (Bocachico). Se presentan diferencias significativas según el test de Tukey.

Especie	Concentración (mg/L)	Tiempo (horas)				
		12	24	48	72	96
	Control	100 \pm (0)a	100 \pm (0)a	100 \pm (0)a	100 \pm (0)a	100 \pm (0)a
	28	100 \pm (0)a	100 \pm (0)a	100 \pm (0)a	100 \pm (0)a	93 \pm (5)a
Bocachico	30	100 \pm (0)a	100 \pm (0)a	100 \pm (0)a	100 \pm (0)a	80 \pm (14)ab
	32	100 \pm (0)a	93 \pm (9)a	87 \pm (19)ab	87 \pm (19)ab	70 \pm (29)ab
	34	87 \pm (12)a	70 \pm (8)b	63 \pm (12)b	50 \pm (16)b	37 \pm (12)b
Anova de Kruskal-Wallis (H)		H=8,57	H=11,41	H=10,53	H=10,92	H=9,58
p valor		p =0,0728	p =0,0223*	p=0,0324*	p =0,0274*	p =0,0481*
Diferencias significativas		<i>No</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>

*Valor $p < 0,05$

a,b Letras diferentes entre las concentraciones indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según el test de Tukey

Para la especie *Prochilodus magdalenae* (Bocachico) se observaron diferencias significativas en la sobrevivencia a partir de las 6 horas, donde la concentración de 34 mg/L, se observó una mortalidad del 80%, de acuerdo al Anova de Kruskal Wallis (H) las diferencias significativas de las concentraciones es a las 24 horas con un índice de 11.4, la concentración de 28mg/l no

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

tuvo diferencias significativas a las 12 horas con 7.28%, la concentración con mayor diferencia significativa fue 34 mg/l a las 24 horas con 2.23% de acuerdo al nivel de significancia <0.05.

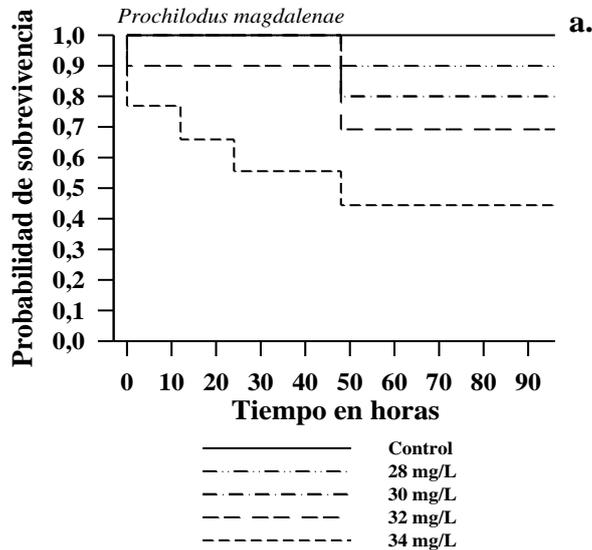


Figura 14. Comparación de las curvas Kaplan-Meier de sobrevivencia calculada para la especie *Prochilodus magdalenae*

Aquí podemos observar, las caídas de las rectas indican la mortalidad, en el caso del tratamiento 34 mg/L se observó las mayores mortalidades registrándose entre las 6 horas, como consecuencia posible el estrés, las concentraciones 28mg/l y 30 mg/l tienen el mismo

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

comportamiento con un tiempo de 80 horas, mientras la concentración de 32 mg/l cambia a partir de las 15 horas como se muestra en la

Figura 15.

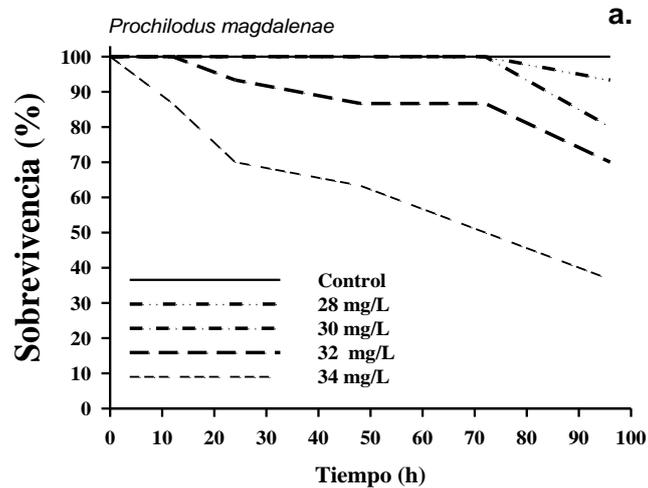


Figura 15. Comparación de las curvas de sobrevivencia en presencia de diferentes concentraciones del Glifosato, N-(fosfonometil) calculada para la especie *Prochilodus magdalenae*

La sobrevivencia de la especie Bocachico, en la concentración de 34 mg /l del Glifosato, fue de 40%, lo que refleja que a 96 horas, es letal para la especie, de igual manera las concentraciones de 28, 30 y 32 mg/l tuvieron porcentajes por encima del 70% lo que indica que se encuentran en el límite de asimilación del glifosato en el sistema circulatorio como se muestra en la Figura 16.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

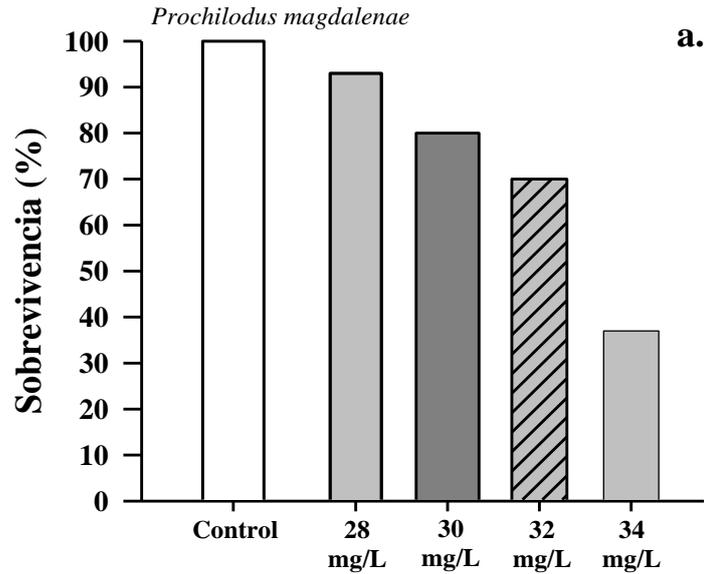


Figura 16. Comparación de la sobrevivencia a las 96 horas en presencia de diferentes concentraciones del Glifosato, N-(fosfometil), para la especie *Prochilodus magdalenae*

5.1.2. Pruebas de toxicidad en el Capaz

Las concentraciones de (16, 18, 20 y 22 mg/l) donde se encontró el resultado esperado, la concentración más baja presentó todos los microorganismos vivos, y a medida que la concentración aumentaba, también aumentaba el número de muertes, hasta llegar al 100% de mortalidad en la concentración más alta.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Tabla 9. Promedio (\pm) desviación estándar de la sobrevivencia medida en los diferentes tratamientos para la especie *Pimelodus grosskopfii* (Capaz). Se presentan diferencias significativas según el test de Tukey.

Especie	Concentración (mg/L)	Tiempo (horas)				
		12	24	48	72	96
	Control	100 \pm (0)a				
	16	100 \pm (0)a	100 \pm (0)a	100 \pm (0)a	100 \pm (0)a	90 \pm (14)a
Capaz	18	100 \pm (0)a	100 \pm (0)a	93 \pm (9)a	83 \pm (17)a	77 \pm (21)a
	20	70 \pm (8)a	57 \pm (9)b	30 \pm (8)b	17 \pm (9)b	0 \pm (0)b
	22	77 \pm (17)ab	53 \pm (12)b	47 \pm (9)b	23 \pm (5)b	0 \pm (0)b
Anova de Kruskal-Wallis (H)		H=10,37	H=13,07	H =2,76	H=12,47	H=12,34
p valor		p =0,0345	p =0,0109	p =0,0125	p =0,0142	p =0,0150
Diferencias significativas		<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>

*Valor $p < 0,05$

a,b Letras diferentes entre las concentraciones indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según el test de Tukey

Para la especie *Pimelodus grosskopfii* (Capaz) se observaron diferencias significativas desde las 12 horas hasta las 96 horas lo que implica que la especie es susceptible al cambio de ambiente a partir de 16 mg/l de glifosato, de acuerdo al Anova de Kruskal Wallis (H) las diferencias significativas de las concentraciones están por encima de 10 puntos siendo a las 24

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

horas el índice más alto 13.07, lo que indica que la afectación es altamente peligrosa para la supervivencia de la especie.

Las concentraciones con mayor diferencia significativa fueron las de 20 y 22 mg/l con un índice cercano a 0.0150 y 0.0142 de supervivencia, como se muestra en la *Figura 17*.

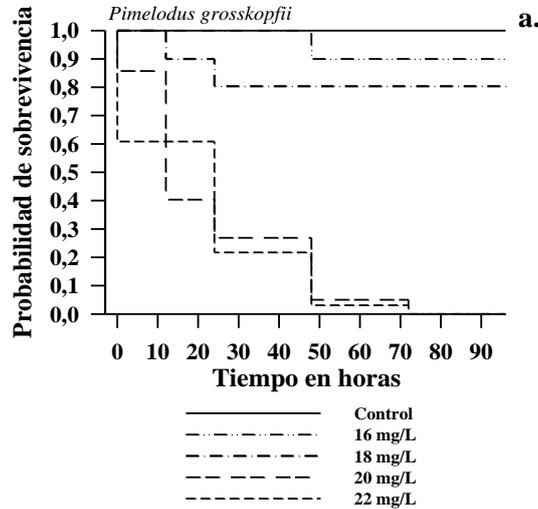


Figura 17. Comparación de las curvas Kaplan-Meier de supervivencia calculada para la especie *Pimelodus grosskopfii*

Las caídas de las rectas indican la mortalidad como se muestra en la figura 18, en el caso del tratamiento 22 y 20 mg/L se observó que estas dos concentraciones tienen la misma tendencia de supervivencia con un 20% de mortalidad cada 10 horas, la concentración de 16 mg/l registro cambio a las 20 horas y 18 mg/l se registró cambios a las 70 horas, estas dos concentraciones mostraron diferencias del 10% de supervivencia a las 96 horas.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

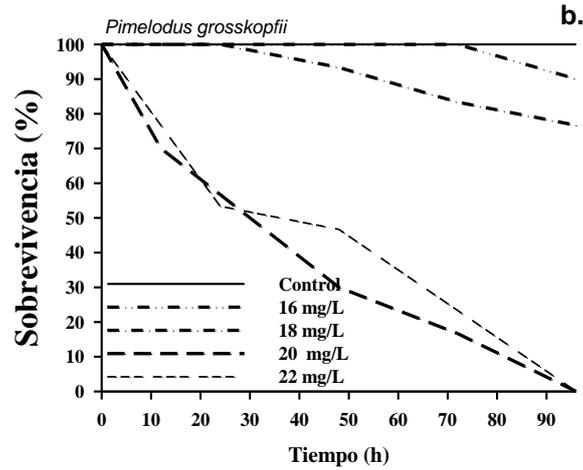


Figura 18. Comparación de las curvas de supervivencia en presencia de diferentes concentraciones del Glifosato, para el capaz.

La supervivencia de la especie del capaz a las 96 horas es letal en concentraciones de 20 y 22 mg/l del Glifosato, mientras que las concentraciones de 18 mg/l es del 75% y 16 mg/l es del 90% esto indica que la especie asimila estas concentraciones en su sistema circulatorio. Como se muestra en la figura 19.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

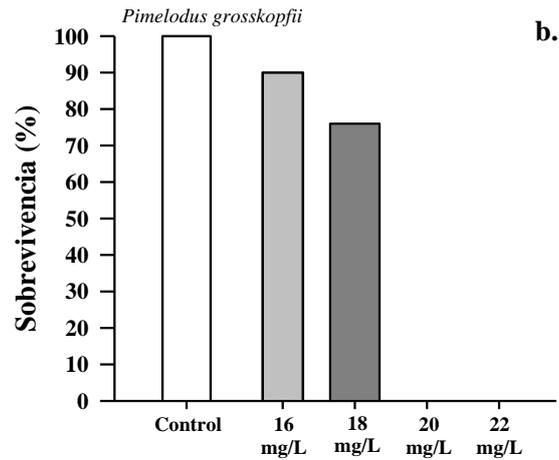


Figura 19. Comparación de la sobrevivencia a las 96 horas en presencia de diferentes concentraciones del Glifosato, N-(fosfometil), para la especie Capaz.

5.2. Análisis comparativos de la concentración letal media

La concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre el Bocachico es de 32.71 mg/l y el capaz es de 18,52 mg/l a las 96 horas, como se muestra en la figura 20.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

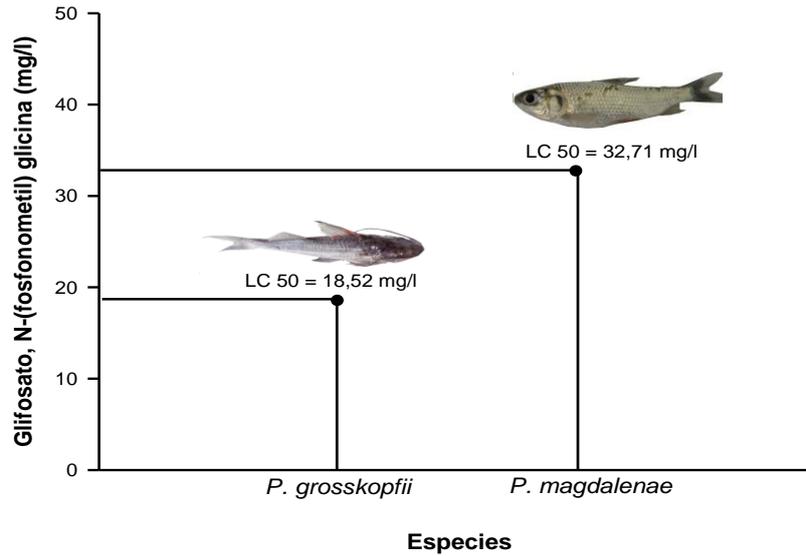


Figura 20. CL 50 para las especies de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y capaz (*Pimelodus grosskopfii*).

La diferencia de la concentración letal entre las dos especies es de 14.19mg/l lo que indica que cada uno de los juveniles tuvieron cambios físicos diferentes de sobrevivencia como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Cambios físicos del bocachico y capaz

Bocachico	Capaz
Presentan enrojecimiento de su piel a las 96 horas	No presenta enrojecimiento de piel a las 96 horas, enrojecimiento en las aleta dorsal

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

	
<p>Nado lateral y nado explosivo a las 12 horas nado lento a las 96 horas.</p> 	<p>Nado sobre su mismo eje a las 12 horas y después de las 24 horas nado lento, nado errático, nado sobre el piso y boqueos.</p> 
<p>Desprendimiento de tejidos en escamas y aletas</p>	<p>Desprendimiento de tejidos en la barba nasal, piel y aletas.</p>
<p>Enrojecimiento de los ojos</p>	<p>No tuvo enrojecimiento de los ojos</p>

5.3.Pautas para el manejo y aplicación del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre el cultivo del arroz.

El glifosato puede llegar indirectamente a los sistemas acuáticos por deriva del herbicida durante su aplicación, ya sea accidental o por efecto del viento, o por la escorrentía o

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

escurrimiento de los campos de cultivo, adherido a las partículas del suelo en suspensión (Feng et al. 1990, Goldsborough et al. 1989, U.S. Environmental Protection Agency 1993)

En la Tabla 11 se recopila información de los peores escenarios posibles de concentraciones estimadas de glifosato utilizados en la presente investigación de acuerdo a su ingrediente activo ($\text{CO}_2\text{-C-CH}_2\text{-NH-CH}_2\text{-PO(OH)}_2$) que pueden encontrarse en agua dulce.

Tabla 11. Resumen de las concentraciones observadas de glifosato en cuerpos de agua dulce

Cuerpo de agua monitoreado	Tasa de aplicación (kg/ha)	Concentración en agua (mg/l)	Referencia
Agua de filtración	1,07 1,92	$1,24 \times 10^{-4}$ $2,80 \times 10^{-3}$	Kjær et al., 2005
-Río -Efluente de plantas de tratamiento de agua	ND	$6,70 \times 10^{-4}$ $1,93 \times 10^{-3}$	Popp et al., 2008
-Río	ND	$7,40 \times 10^{-4}$	Pesce et al., 2008
Efluente de plantas de tratamiento de agua	ND	$2,20 \times 10^{-3}$	Kolpin et al., 2006

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Río	ND	$4,15 \times 10^{-3}$	Hanke et al., 2010
Río	ND	$6,20 \times 10^{-3}$	Meyer et al., 2010
Arroyo	ND	$8,70 \times 10^{-3}$	Battaglin et al., 2005
Arroyo	ND	$8,70 \times 10^{-3}$	Scribner et al., 2003
Agua de filtración	5,70	$1,70 \times 10^{-2}$	Landry et al., 2005
Río, arroyo y humedal	ND	$5,47 \times 10^{-2}$	Struger et al., 2008
Estanques	2,10	$6,00 \times 10^{-2}$	Goldsborough y Brown 1993
Agua de pozo	2 aplicaciones: $1,23 \times 10^{-1}$ y $1,14 \times 10^{-1}$	$6,00 \times 10^{-2}$	Smith et al., 1996
Alcantarilla de drenado pluvial	ND	$9,00 \times 10^{-2}$	Botta et al., 2009
Canal	5,60	$1,05 \times 10^{-1}$	Comes et al., 1976
Arroyo	2,93	$1,33 \times 10^{-1}$	Folmar, 1978

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Estanque	8,90 x 10 ⁻¹	1,41 x 10 ⁻¹	Goldsborough y Beck, 1989
Arroyo	2	1,62 x 10 ⁻¹	Feng et al., 1990
Agua de esorrentía	2 aplicaciones: 1,12	2,43 x 10 ⁻¹	Shipitalo et al., 2008
Estanque	ND	3,28 x 10 ⁻¹	Battaglin et al., 2009
Arroyo	4,4	3,60 x 10 ⁻¹	Newton et al., 1984
Estanque y arroyo forestales	5,49	1,65	Newton et al., 1994
Humedal	2,56	2,6	Thompson et al., 2004
Agua de esorrentía	8,96	6,9	Edwards et al., 1980

Nota: ND: no disponible

De acuerdo a la *Tabla* se puede observar que la dosificación empleada de glifosato por hectárea no afecta la sobrevivencia de las dos especies en este estudio, por el cual se debe hacer énfasis en su manejo y la dosificación de glifosato en el cultivo del arroz debido a que se realizan malas labores agrícolas durante la etapa de desarrollo vegetativo. Cabe aclarar que la dosificación del

glifosato depende de tres factores intensidad de lluvias, tipo de suelo y tipo de plaga en su estado fenomenológico, por ende se debe seguir los siguientes pasos:

5.3.1. Diseño predial: El cultivo del arroz, es necesario realizar un diseño predial de las entradas y salidas de agua. Particularmente, en el sistema de siembra directa es indispensable contar con canales de avance para el ingreso rápido y uniforme del agua en los cuadros o franjas de operación, así como también con un sistema de desagüe para poder extraerla al realizar las labores de riego, previo a la inundación del terreno. Así se evita la acumulación de agua en sectores mal nivelados y, por consiguiente, la pérdida de semilla, asegurando una mayor población de plantas.

5.3.2. Preparación de suelo: La preparación del suelo comienza con la nivelación del terreno a cota. Una vez terminado el periodo de lluvias, da inicio a un periodo seco lo que ayuda a que la humedad del suelo disminuya y permita el tránsito del tractor, se debe verificar la presencia de malezas. Si están presentes, se procede a efectuar un barbecho químico mediante la aplicación del glifosato herbicida de efecto total (2litros/hectárea). Después de la aplicación del herbicida de efecto total (preferentemente una semana más tarde para permitir la descomposición de las malezas controladas), se puede iniciar la preparación del suelo con una rastra de disco. Para lograr una cama de semilla mullida, se usa una roto fresadora.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Si el sistema de rotación incluye el descanso del suelo un año de por medio, se puede realizar un barbecho químico en el periodo seco y rastrear para bajar la presión de las malezas y dejarlo preparado. De esta forma, los periodos lluviosos y secos son de régimen hidrológicos altos, el trabajo está adelantado. En época seca se realiza un segundo barbecho químico medio (punto 5) y si es necesario se vuelve a rastrear o pasar una rotofresadora para dejar una mejor cama de semillas.

5.3.3. Siembra: Para la siembra se utiliza una sembradora con dosificador de flujo continuo. Estas sembradoras convencionales requieren un suelo bien mullido o blando para la ejecución de la siembra. La máquina sembradora de cero labranzas, es conveniente en suelos que no han sido trabajados o que tienen un laboreo mínimo con algunos terrones. Ello debido a que esta máquina profundiza demasiado en suelos bien mullidos. En suelos menos trabajados, deja la semilla a una profundidad adecuada de 2 a 3 cm. Algunas de estas máquinas poseen una rueda controladora de profundidad que permite dejar la profundidad de siembra en 2 a 3 centímetros. Además, los discos de la sembradora pueden cortar o mover los terrones dejando una superficie más pareja, permitiendo una mejor germinación y establecimiento de las plántulas de arroz. La dosis de la semilla se debe procurar entre 100 a 120 Kg/ha.

5.3.4. Fertilización de presiembra incorporada y fertilización a la siembra La fertilización del arroz debe contemplar los siguientes fertilizantes:

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

- A. Nitrógeno: Al momento de la siembra se debe aplicar como máximo el 20% del total de granos a sembrar, para que no se pierda por volatilización. La aplicación se realiza con la máquina sembradora.
- B. Fósforo: Se puede aplicar el 100% antes de la siembra, mediante una fertilizadora de cobertera e incorporarlo con la rastra o con la rotofresadora. También se puede aplicar en su totalidad con la máquina sembradora, pudiendo ahorrarse la labor mencionada anteriormente.
- C. Potasio: Su aplicación es recomendable realizarla en su totalidad antes de la siembra, con la rotofresadora, se puede aplicar con la máquina sembradora, teniendo la precaución que sobre la hilera de siembra, no debe usarse más de 60 unidades de potasio (lo que corresponde a 100 kilos). Cantidades altas de potasio sobre la hilera de siembra, produce toxicidad en el arroz. Si la recomendación del análisis de suelo indica una cantidad mayor de potasio, se puede aplicar junto con la úrea, antes de la inundación definitiva del cultivo.

Nota: Las dosis de los fertilizantes deben hacerse con base a las recomendaciones de análisis químico de suelo, o al historial de rendimientos que se logra en ese terreno.

5.3.5. Riego: El primer riego se realiza, generalmente, un día después de la siembra o cuando el análisis visual de la humedad del suelo lo indique. Luego, se sigue regando una a dos veces más, dependiendo de la emergencia de las plantas y de la humedad del suelo.

5.3.6. Control de malezas: Una de las ventajas de sembrar en seco es que, luego de la siembra se puede efectuar la pulverización con un pulverizador hidráulico accionado por tractor. El sistema es eficiente puesto que facilita la aplicación de 150 a 200 litros de agua por hectárea, logrando una mayor efectividad y cubrimiento de las malezas con un buen tamaño de gota, que es lo que necesitan principalmente los productos (herbicidas) de contacto. El herbicida también se puede aplicar con una fumigadora plástica de hombro. El pulverizador hidráulico permite realizar la primera aplicación de herbicida después de la siembra, en el periodo de “punto aguja”, estado donde el coleoptilo de la planta de arroz está bajo el suelo y es de color blanco. Para ello, se usa un herbicida de acción total (glifosato) antes de que el cultivo emerja, con la dosis media a la que habitualmente se usa en el barbecho químico (1 lts/hec). De esta forma se logra controlar las malezas presentes en el suelo. La siguiente aplicación de herbicidas se debe realizar en post-emergencia, previo a la inundación definitiva del cultivo con herbicida (glifosato) de acuerdo para el tipo de malezas presentes y estado fenológico de las mismas.

5.3.7. Fertilización nitrogenada post-siembra La urea se aplica con una fertilizadora, cuando el arroz tiene 3 a 4 hojas, un día después de realizar el control de malezas y un día antes de inundar el cultivo en forma definitiva. Cuando se realiza una tercera aplicación de urea, ésta puede hacerse de forma manual, después de la inundación.

5.3.8. Inundación definitiva La inundación definitiva se realiza cuando el arroz tiene de 3 a 4 hojas, inmediatamente después de fertilizar con urea, para evitar la

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

pérdida del fertilizante por volatilización. La inundación se realiza cubriendo solamente el suelo, dejando que la planta de arroz quede con tres cuartos de su altura sobre el agua. El manejo de la lámina de agua, se realiza de acuerdo al crecimiento de las plantas, no superando los 15 a 20 cm de altura, en las etapas de desarrollo reproductiva y madurez.

Nota: Después de controlar las malezas, al día siguiente se debe fertilizar con urea, y posteriormente se recomienda inundar definitivamente. Ello debido a que: El agua, en la mayoría de los casos, mejora la actividad del herbicida. Por ello conviene inundar 24 a 48 horas después de la aplicación. Esto disminuye la emergencia de nuevas generaciones de malezas. El agua, evita pérdidas de nitrógeno por volatilización, cuando el cultivo se mantiene inundado.

5.4. Discusiones

Los plaguicidas son uno de los mayores contaminantes en los ambientes naturales, los cuales se aplican frecuentemente en la actividad agrícola, generando de esta manera un riesgo potencial en los ecosistemas acuáticos y terrestre debido a la sobredosificación y su uso indiscriminado, aun siendo un método eficaz para el control de las plagas en los cultivos. De hecho, es importante decir que a través de diferentes estudios se han conocido algunos efectos negativos de comportamiento y tolerancia de las especies acuáticas por el empleo de estos productos químicos, que de igual forma aportaron significativamente para la realización del estudio de la determinación de la Cl 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y capaz (*Pimelodus grosskopfii*).

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Cuando se determinaron las concentraciones letales para ambas especies, se compararon con otros estudios de organismos similares sometidos al glifosato, encontrándose similitud en los resultados y comportamiento. Además, algunos autores indican que el glifosato solo es considerado levemente tóxico para los peces siendo la CL50 mayor a 10 mg/L, mientras el Roundup® es considerado tóxico para algunas especies de peces, teniendo CL50s para Roundup® en un rango de 2 a 55 mg/L (WHO, 1994) y, en ensayos realizados en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), se ha estimado un valor de 97,47 mg/L (Ramírez F 2008). Los efectos subletales del Glifosato sobre los peces incluyen nado errático, dificultad respiratoria y alteraciones en la alimentación, migración y reproducción, además de incrementar la probabilidad de ser predados (Morgan J, 1991; McComb, 2008; PR, WF y IS, 2003).

(Muñoz, Velásquez y Bautista 2015) realizaron un estudio donde evaluaron y determinaron la toxicidad, concentración letal media (CL50) y algunos efectos subletales de dos agroquímicos, Roundup Activo y Comoflux 411F, en Renacuajos de Anuros colombianos expuestos bajo condiciones controladas de laboratorio y en microcosmos. La exposición al Roundup Activo no alteró el tamaño corporal ni el desempeño natatorio de los renacuajos, mientras que el Cosmoflux 411F generó alteraciones del tamaño corporal pero no afectó el desempeño natatorio y al comparar la CL50 de los dos agroquímicos con las concentraciones empleadas en campo, el Roundup Activo generó un riesgo moderado mientras que el Cosmoflux 411F no resultó letal. Además, El Roundup Activo fue notablemente más tóxico que el Cosmoflux.

Gámez Rojas, et al., 2011 realizaron un estudio sobre la determinación de la CL50-48 del Herbicida Roundup 747 sobre ecosistemas acuáticos mediante pruebas toxicológicas con

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Daphnia magna, el sistema utilizado en el laboratorio para la realización de los bioensayos durante el periodo de experimentación fue de tipo estático, de corta duración y sin renovación, teniendo en cuenta las recomendaciones de protocolos internacionales estandarizados para la realización de pruebas ecotoxicológicas, los cuales fueron efectuados por un periodo de siete meses, donde fue necesario realizar el cultivo y mantenimiento de la especie de *D. magna* teniendo en cuenta los parámetros de su hábitat agua dura, dureza, pH, temperatura y oxígeno disuelto; al igual que su alimento con las algas *Scenedesmus acutus*.

Rondón , et al 2012 realizaron la evaluación de los efectos tóxicos y concentración letal 50 del surfactante Cosmoflux 411F sobre juveniles de cachama blanca (*Piaractus brachyomus*), con la finalidad de determinar las lesiones anatomopatológicas derivadas de la exposición al Cosmoflux 411F y establecer la concentración letal media a 96 horas en cachama blanca. Se utilizaron juveniles de cachama blanca en dos experimentos: toxicidad subletal y determinación de la concentración letal media. En los peces se evidenció leve disminución de la actividad de nado y los hallazgos concuerdan con lo reportado en peces expuestos a surfactantes, exceptuando las lesiones del sistema nervioso central que pueden tener consecuencias sobre interacciones sociales, de alimentación y reproducción de la especie, siendo necesario profundizar la investigación sobre dicho efecto.

Otro estudio importante realizado es sobre las consecuencias indeseables del uso de los plaguicidas en el medio ambiente en donde se destacan y describen algunos de los principales efectos colaterales negativos sobre el ambiente a los que conduce el uso de los plaguicidas, especialmente cuando se utilizan en forma irracional. Además, se hacen algunas reflexiones sobre el tema, se citan los principales factores condicionantes que hacen que los problemas

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

mencionados se presenten con mayor frecuencia e intensidad en los países en desarrollo en comparación con los países industrializados. Finalmente se proponen y dan ejemplos de algunas opciones tendientes a disminuir o eliminar el uso de estas sustancias y con ello la magnitud de los problemas asociados presentados en este trabajo (García 2016).

Se han realizados estudios acerca del Estado del Conocimiento de las Concentraciones de Hidrocarburos y Residuos Organoclorados en Peces Dulceacuícolas de Colombia, donde indican que los hidrocarburos y compuestos organoclorados constituyen uno de los más peligrosos contaminantes en ecosistemas acuáticos. No obstante, en Colombia los estudios y monitoreo sobre los efectos y origen de la contaminación por estos compuestos químicos, como resultado del uso indiscriminado en actividades industriales, agropecuarias, destrucción de cultivos ilícitos, vertimiento de aguas servidas al medio ambiente sin el debido tratamiento, vertimiento de petróleo crudo principalmente causado por actos terroristas de voladuras de oleoductos, son muy escasos. Problema que se complica ya que muchos de estos químicos que son de uso prohibido alrededor del mundo, aún se siguen usando en Colombia, además las investigaciones sobre la contaminación por hidrocarburos y productos organoclorados en peces son muy reducidas. En peces los estudios de hidrocarburos se han realizados en las cuencas de los ríos Catatumbo, Magdalena y bajo Cauca, especialmente en la zona de influencia del oleoducto Caño Limón-Coveñas, y con respecto a los residuos organoclorados, los estudios realizados en peces de las cuencas de los ríos Magdalena y Meta. Además, se han realizado algunos bioensayos con peces para evaluar efectos de la contaminación acuática en organismos de aguas dulces, con referencia a hidrocarburos, dispersantes, fenoles, pesticidas (Mancera-Rodríguez, et al 2005).

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Se realizó una revisión bibliográfica sobre Los Efectos del Glifosato (GP) con Énfasis en organismos acuáticos para profundizar en la comprensión de la composición química, mecanismos de acción, efectos y posibles consecuencias de la aplicación de Glifosato (GP) (N - fosfometil-glicina) en sistemas biológicos, con énfasis en sistemas acuáticos, teniendo presente que en Colombia el uso de herbicidas para la erradicación de cultivos ilícitos debe considerar los hábitats y prever la sucesión de las condiciones deseadas a futuro. El GP es un agroquímico caracterizado por ser un compuesto ácido, salado, con clase II de toxicidad, según la categorización de la U.S. EPA (Environmental Protection Agency; de los Estados Unidos) moderadamente tóxico, que es utilizado como herbicida sistémico no selectivo de amplio espectro, más comúnmente usado en la forma de sal de Isopropilamina. (Valderrama, et al 1993)

Adicionalmente, se presentan resultados del uso de productos que contienen Glifosato, como el Roundup®, los cuales son sustancias de toxicidad más aguda que el Glifosato solo, analizando, además, el hecho de que para mejorar la eficacia de los tratamientos herbicidas las mezclas asperjadas contienen ingredientes inertes, tales como surfactantes (POEA), solventes, y emulsificantes; los cuales son químicos que pueden ser más peligrosos que el ingrediente activo. En sistemas acuáticos, el Glifosato solo es menos tóxico que el producto comercial Roundup®; parte de estas diferencias pueden ser explicadas por la toxicidad del surfactante en el Roundup®. Este es de 20 a 70 veces más tóxico para los peces que el Glifosato mismo. La toxicidad aguda varía ampliamente: han sido reportados valores de concentración letal media (CL50) entre 10-200 ppm, dependiendo de la especie de pez y condiciones de la prueba. La

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

toxicidad aguda del Roundup® se encuentra dentro de un rango de 2 a 55 ppm; siendo la CL50 reportada para carpas entre 15 – 26 mg/L (Duarte 2003).

De igual manera, la exposición a compuestos xenobióticos, incluyendo herbicidas, en ambientes naturales, principalmente por prácticas agrícolas, ha llevado a cuestionar el impacto de estas prácticas sobre los organismos vivos, donde se han demostrado efectos deletéreos de tal exposición en animales, tanto terrestres como acuáticos, siendo estos últimos los más afectados, pues actúan en muchos casos como receptores finales, por lixiviación, escorrentía o por aspersión directa de productos agroquímicos. Además, existen pocos trabajos que sustenten la inocuidad de los herbicidas para organismos acuáticos, específicamente peces y hay evidencia de inmunomodulación por diversos compuestos derivados de los compuestos xenobióticos.

De acuerdo a los resultados generados de la presente investigación y teniendo en cuenta los antecedentes de la investigación se recomienda eliminar el uso del Glifosato en zonas cercanas a poblaciones y ríos, con el fin de evitar de que se afecte la salud de las mismas. Igualmente se recomienda el uso del Glifosato con aspersiones manuales en áreas donde sus cultivos son extensos, para evitar generar por escorrentía mayor concentración del toxico, en este mismo orden de ideas éste es un herbicida eficaz en su dosis, pero si aumenta su dosis pone en riesgo el medio ambiente en especial a las especies en estudio que son especies de sustento económico para las regiones municipales.

Con base en los estudios realizados encontrados en la documentación recopilada a lo largo del desarrollo del proyecto se puede afirmar que en Colombia no se ha desarrollado ninguna

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

política para regular apropiadamente plaguicidas con el espectro que ofrece el Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina teniendo presente que la Agencia de Protección Ambiental (EPA) ya reclasificó los plaguicidas que contienen glifosato como clase II, altamente tóxicos, por ser irritantes de los ojos, igualmente la Organización Mundial de la Salud, describe efectos más serios clasificándolo como "fuertemente" o "extremadamente" irritantes, ubicando el ingrediente activo (glifosato) como extremadamente tóxico, categoría I. Esta deficiencia se relaciona también con la falta de criterio científico en la toma de decisiones y en el establecimiento de estándares en la reglamentación sobre bioseguridad. Por esta razón se busca dar soluciones que mitiguen los efectos sobre los alevinos expuestos al glifosato. En esa misma línea, se debe estudiar por qué en la legislación Colombiana no hay ningún estudio de investigación que realice la relación entre fumigaciones con glifosato y desplazamiento de especies de alevinos en Ríos. Es por esto la propuesta de incluir el plaguicida Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina como una sustancia de interés sanitario. Se hace necesario que el Departamento Administrativo de Salud de los municipios donde se realicen actividades con el producto glifosato diseñe e implemente un Sistema de Vigilancia Epidemiológica para la notificación obligatoria de todo accidente tóxico por plaguicidas, como está contemplado en el Decreto 1843 de 1991 del Ministerio de Salud. Diseñar programas de capacitación destinados a informar a la comunidad como a las autoridades sobre el manejo seguro de plaguicidas y en especial de las consecuencias del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina y la toxicología de los mismos.

6. CONCLUSIONES

Se determinó la concentración letal media del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) obteniendo como resultados los valores de toxicidad que oscilan entre un rango de 28 y 34 mg/l y capaz (*Pimelodus grosskopfii*), obteniendo como resultados los valores de toxicidad que oscilan entre un rango de 16 – 22mg/l. Con el dato logrado de la concentración letal del Glifosato se puede afirmar que es de alta confiabilidad por el cumplimiento de los protocolos establecidos para el laboratorio de bioensayos.

Se determinó la concentración letal media del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) obteniendo como resultado 32.75mg/l y capaz (*Pimelodus grosskopfii*), obteniendo como resultado 18.52mg/l, lo que causa gran impacto a ecosistemas acuáticos teniendo en cuenta que en este rango ocasiona efectos mortales mayores del 50% de organismos existentes en un ensayo.

La realización de las pruebas de sensibilidad fueron el mecanismo por el cual se pudo establecer la carta de control, identificando que los bioensayos son un medio efectivo para desarrollar el test de toxicidad del bocachico y capaz.

En los análisis de varianza realizados a los test de toxicidad, se rechaza la hipótesis nula, ya que las diferentes concentraciones producen un diferente efecto en todos los organismos.

Durante el desarrollo de los ensayos se observó que al existir cambios en las condiciones del ambiente natural del laboratorio donde se tienen los ensayos, se produce un aumento en la mortalidad de los microorganismos, lo que nos asegura que estos son muy sensibles a los

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

factores ambientales como: los cambios bruscos de temperatura, pH, olores fuertes, oxígeno disuelto, sustancias químicas, alteración del alimento, cambios de luz, entre otros.

Con base en la información recopilada y con la reclasificación de la EPA al producto Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina, es un herbicida con un alto nivel de toxicidad clasificado en la **CATEGORIA III** (banda azul); durante el ensayo en las dos especies se observó que en el bocachico a las 96 horas se empezó a presentar enrojecimiento de su piel, nado lateral y nado explosivo a las 12 horas y nado lento a las 96 horas, desprendimiento de tejidos en escamas y aletas y ojos rojos; en la especie del capaz se observó enrojecimiento en la aleta dorsal, nado sobre su mismo eje a las 12 horas y después de las 24 horas nado lento, nado errático, nado sobre el piso y boqueos, desprendimiento de tejidos en la barba nasal, piel y aletas y no tuvo enrojecimiento de los ojos.

Se recomienda a las autoridades sanitaria realizar campañas de sensibilización a través de medios masivos de comunicación par dar a conocer los diferentes métodos culturales que se pueden implementar para evitar la aplicación del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina, como también su uso adecuado para la aplicación, según la ficha técnica, con el propósito de disminuir el riesgo de que los residuos lleguen a fuentes hídricas y así evitar la afectación a la fauna ictica.

7. REFERENCIAS

- Battaglin W. A., Kolpin D. W., Scribner E. A., Kuivila K. M., y Sandstrom M. W. «Glyphosate, other herbicides, and transformation products in midwestern streams, 2002.» *Journal of the American Water Resources Association* , 2005: 323– 332.
- Botta F., y otros. «Transfer of glyphosate and its degradate AMPA to surface waters through urban sewerage systems. » *Chemosphere*, 2009: 133–139.
- Brady, N C, y R R Weil. *Soils and chemical pollution, en the nature and properties of soils*. EEUU: PRENTISS HALL INTERNATIONAL, 1996.
- Brown, M. E. *The physiology of fishes (1st ed.)*. New York: Academic press INC, 1957.
- C., Folmar L. «Avoidance chamber responses of mayfly nymphs exposed to eight herbicides. » *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* , 1978: 312– 318.
- Carrera, S., y R. D. Valbuena-Villareal. *Desempeño productivo del capaz (Pimelodus grosskopfii, Steindachner, 1879) bajo diferentes densidades de siembra y de contenido de proteína en la dieta. Intropica. valle del cauca: UNIVERSIDAD DEL VALLE*, 2015.
- Comes R. D., Bruns V. F., y Kelley A. D. «Residues and persistence of glyphosate in irrigation water. » *Weed Science*, 1976: 47–50.
- Cortés, M. *Guía básica, cría y conservación del bocachico: Prochilodus magdalenae*. Bogota: Santa Fe de Bogotá : Convenio Andrés Bello, 2003.
- Dahl, George. *Los peces del norte de Colombia*. Bogotá.: INDERENA. D.E. Instituto de desarrollo de los recursos naturales renovables., 1971.
- De Fex, S R. «Experiencias obtenidas con bocachico (*Prochilodus magdalenae*).» *Curso y Seminario Internacional de Acuicultura*. Santa Marta, 1996. 77-84.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Decreto 1843 de 1991. Artículos 82 – 101 (ministerio de la salud, 22 de julio de 1991).

Duarte, W. R., Barragán, I. R., & Mocha, P. E. «. (2003). Efectos del glifosato (GP) con énfasis en organismos acuáticos .» *Orinoquia*, 2003: 70-100.

Edwards W. M., Triplett Jr. G. B., y Kramer R. M. « A watershed study of glyphosate transport in runoff. .» *Journal of Environmental Quality* , 1980: 661–665.

Feng J. C., Thompson D. G., y Reynolds P. «Fate of glyphosate in a Canadian forest watershed. 1. Aquatic residues and off-target deposit assessment. .» *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1990: 1110–1118.

Folmar L, Sanders H, John A. « Toxicity of the herbicides glyphosate and several of it´s formulation to fish and aquatic invertebrates.» *archives of enviromental contamination and toxicology*, 1979: 269-278.

Gámez Rojas, C. M., y E. J Ramírez Riveros. « Determinación de la concentración letal media (CL50-48) del glifosato sobre ecosistemas acuáticos mediante pruebas toxicológicas con daphnia magna.» *toxicologia*, 2011: 10-15.

García, J. E. « Consecuencias indeseables del uso de los plaguicidas en el ambiente. .» *Agronomía Mesoamericana*, 2016: 119-135. .

Gartner, L, y J. Hiatt. *Color textbook of Hitology* . Philadelphia.: (3rd ed). Saunders Elsevier,, 2007.

Goldsborough L. G., y Brown D. J. «Effect of glyphosate (Roundup® formulation) on periphytic algal photosynthesis. .» *Bulletin of Environment Contamination and Toxicology* , 1998: 253–260.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Gómez, Ramírez, E., M. J. Obando, M. O. Tovar, M. L. Caldas, y Giraldo, H. Hurtado.

«Estudio Histológico del Tracto Digestivo del Neón Cardenal *Paracheirodon axelrodi* (Characidae).» *International Journal of Morphology*, 2011: 782-786.

Grosell, M., A. P. Farrell, y C. J. Brauner. *The multifunctional Gut of fish (1st ed)*. san diego: Elsevier, 2011.

Halver, J. E., y R. W. Hardy. *Fish nutrition (3rd ed)*. Orlando: Elsevier Science, 2002.

Hanke I., Wittmer I., Bischofberger S., Stamm C., y Singer H. «Relevance of urban glyphosate use for surface water quality. .» *Chemosphere* , 2010: 422–429.

Harder, W. *Anatomy of fishes.*, . Verlagsbuchhandlung.: Schweizerbart'sche, 1975.

Hoar, W. S., D. J. Randall, y J. R. Brett. *Fish physiology (1st ed)*. Orlando.: Academic Press INC, 1979.

Hued, A. C., S. Oberhofer, y M De Los Ángeles Bistoni. «Exposure to a commercial glyphosate formulation (Roundup) alters normal gill and liver histology and affects male sexual activity of *Jenynsia multidentata* (Anablepidae, cyprinodontiformes).» *Archives of Environmental*, 2012: 107-117.

Instituto Colombiano Agropecuario. «Estadísticas de comercialización de plaguicidas químicos de uso agrícola 2015.» *Subgerencia de Protección Vegetal Dirección Técnica de Inocuidad e Insumos Agrícolas*. Editado por ICA. 1 de DICIEMBRE de 2016. <https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/regulacion-y-control-de-plaguicidas-quimicos/estadisticas/boletinplaguicidas2015-12-12-2016.aspx> (último acceso: 5 de enero de 2019).

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

- J, Kjær, Olsen P, Ullum M, y Grant R. «Leaching of glyphosate and amino- methylphosphonic acid from danish agricultural field sites.» *Journal of Environmental Quality*, 2005: 608–620.
- Jaramillo-Villa, U., y L. F. Jiménez-Segura. *Algunos aspectos biológicos de la población de Prochilodus magdalenae en las ciénagas de Tumaradó (Río Atrato)*. Vol. 30. Bogota, Colombia: Actualidades Biológicas,, 2008.
- Jiménez-Segura, L. F. *Ictioplancton y reproducción de los peces en la cuenca media del Río Magdalena (Sector de Puerto Berrio, Antioquia)*. Tesis de doctorado. . 265 pp. Medellín: Universidad de Antioquia, 2007.
- Kerguelén, E. *Influencia de la primera alimentación en el desempeño de la larvicultura del bocachico (Prochilodus magdalenae)*. Córdoba: Universidad de Córdoba, 2001.
- Kerr, J. *Functional histology (2nd ed.)*. . Chatswood.: Mosby Elsevier,, 2010.
- Kolpin D. W., Thurman E. M., Lee E. A., Meyer M. T., Furlong E. T., y Glassmeyer S. T. «Urban contributions of glyphosate and its degradate AMPA to streams in the United States. » *Science of the Total Environment*, 2006: 191–197.
- Landry D., Dousset S., Fournier J.-C., y Andreux F. «Leaching of glyphosate and AMPA under two soil management practices in Burgundy vineyards (Vosne- Romanée, 21-France). » *Environmental Pollution*, 2005: 191–200.
- Ley 9 de 1979*. artículo 142 (congreso de la republica, enero de 24 de 1979).
- Ley 99 de 1993*. artículo 42 (congreso de la republica, 22 de diciembre de 1993).
- López, K, y M Zambrano. *Prácticas de Salud Ocupacional y niveles de biomarcadores séricos en aplicadores de plaguicidas de cultivos de arroz en Natagaima-Tolima*. tolima, colombia: toxicologia,161, 2015.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

- Maldonado-Ocampo, R. P. Vari J. A., y J. S. Usma. *Checklist of the freshwater fishes of Colombia*. . Vol. 2. bogota: Biota Colombiana, 2008.
- Mancera-Rodríguez, N. J., y R. Álvarez-León. « Estado del conocimiento de las concentraciones de hidrocarburos y residuos organoclorados en peces dulceacuícolas de Colombia. .» *Rev Aso Col Ictiólogos-Dahlia*, 2005: 52-67.
- Martínez, Nieto, Castillo Bernal, Fonseca Agudelo, y López Bernier. «Tolerancia y degradación del glifosato por bacterias aisladas de suelos con aplicaciones frecuentes de Roundup SL®.» *pilquen*, 2012: 1-12.
- McComb B., Curtis L., Chambers C., Newton M., Bentson K. « Acute toxic hazard evaluation of glyphosate herbicide on terrestrial vertebrates of the Oregon Coast Range. .» *Environmental Science and Pollution Research*, 2008: 266-278.
- Meneses, C, Y Gutiérrez, R Garcia, S Gómez, y V Correa. *Guía para el trabajo de campo en el manejo integrado de plagas del arroz*. BOGOTA: CIAT, 2001.
- Merrifield, D, y E. Ringo. *Aquaculture Nutrition: Gut Health, Probiotics and Prebiotics* (. boston: 1st ed, 2014.
- Meyer B., Pailler J.-Y., Guignard C., Hoffmann L., y Krein A. «Concentrations of dissolved herbicides and pharmaceuticals in a small river in Luxembourg.» *Environmental Monitoring and Assessment*, 2010: 50-62.
- Meyer, Eugene. *chemistry of hazardous materials*. EEUU: prentice hall, 1999.
- Mojica, J. I. U. O., J. U. A. León, y R. Lasso. *Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia* . bogota: CIAT, 2012.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

- Morgan J, Vigers G, Farrell A, Janz D, Manville J. « Acute avoidance reactions and behavioral responses of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to Garlon 4©.» *presinnt*, 1991: 12-15.
- Muñoz, L. M. H., T. M. T., Velásquez, y M. H. B. Bautista. «Evaluacion de la Toxicidad de dos Agroquimicos, Roundup Activo y Cosmo-flux 411f, en Renacuajos de Anuros Colombianos.» *Acta Biológica Colombiana*, 2015: 2-20.
- Newton M., Howard K. M., Kelpsas B. R., Danhaus R., Lottman C. M., y Dubelman S. «Fate of glyphosate in an Oregon forest ecosystem.» *Journal of Agricultural and Food Chemistry* , 1984: 1144–1151.
- Ortega – Lara, A. O, M Murillo, Pimienta, y J. Sterling. *Peces De La Cuenca Alta Del Rio Cauca. Cvc. Cali por su capacidad de movilidad, no es común* . Valle del cauca : valle del cauca , 2000.
- Ostrander, G. K. *The Laboratory Fish.*, . doi:10.1006/bklf.2000. San Diego: Academic Press, 2000.
- Pantoja, A, L R Sanint, Victoria F Correa , A Fisher, y A Ramirez. *MIP en Arroz: Manejo integrado de plagas; Artrópodos, enfermedades y malezas*. Vol. 292. CIAT, 1997.
- Pesce S., Fajon C., Bardot C., Bonnemoy F., Portelli C., y Bohatier J. «Longitudinal changes in microbial planktonic communities of a French river in relation to pesticide and nutrient inputs. .» *Aquatic Toxicology* , 2008: 352–360.
- Popp M., Hann S., Mentler A., Fuerhacker M., Stinger G., y Koellensperger G. «Determination of glyphosate and AMPA in surface and waste water using high-performance ion chromatography coupled to inductively coupled plasma dynamic

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

- reaction cell mass spectrometry (HPIC–ICP–DRC–MS). .» *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2008: 695–699.
- PR, Eslava-Mocha, Ramírez-Duarte WF, y Rondón-Barragán IS. *Sobre los efectos del glifosato y sus mezclas: Impacto sobre peces nativos*. Villavicencio-Meta: Juan XXIII., 2003.
- R., Smith G. «Effects of acute exposure to a commercial formulation of glyphosate on the tadpoles of two species of anurans. .» *Bulletin of Environmental Contamination Toxicology*, 2001: 483–488.
- Ramírez-Duarte WF, Rondón-Barragán IS, Eslava-Mocha PR. «Acute toxicity and histopathological alterations of Roundup® herbicide on “cachama blanca” (*Piaractus brachypomus*). .» *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 2008: 547-554.
- Resolución 1068 de 1996*. 1068 (Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, 24 de abril de 1996).
- Rondón , I S, Mendez Marín, y Novoa Chacón. «El glifosato (Roundup®) y Cosmoflux® 411F inducen estrés oxidativo en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).» *orinoquia*, 2012: 162-176.
- Samsel, A., y S. Seneff. «Glyphosate, pathways to modern diseases II: Celiac sprue and gluten intolerance.» *Interdisciplinary toxicology*, 2013: 159-184.
- Sánchez, M, V León, y Reyes W. «Evaluación de la pesca de especies nativas en el alto río Magdalena, .» departamento del Huila (Colombia), 2000.
- Scribner E. A., Battaglin W. A., Dietze J. E., y Thurman E. M. «Reconnaissance data for glyphosate, other selected herbicides, their degradation products, and antibiotics in 51 streams in nine midwestern states, 2002. U.S. Department of the Interior, U U.S. Department of the Interior, .» *U.S. Geological Survey. Open-File*, 2003: 123-128.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

- Seneff, S, N. Swanson, y C Li. «Aluminum and Glyphosate Can Synergistically Induce Pineal Gland Pathology: Connection to Gut Dysbiosis and Neurological Disease.» *Agricultural Sciences*, 2015: 42-70.
- Shipitalo M. J., Malone R. W., y Owens L. B. « Impact of glyphosate-tolerant soybean and glufosinate-tolerant corn production on herbicide losses in surface runoff. .» *Journal of Environmental Quality* , 2008: 401–408.
- Struger J., Thompson D., Staznik B., Martin P., McDaniel T., y Marvin C. « Occurrence of Glyphosate in Surface Waters of Southern Ontario. .» *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* , 2008: 378–384.
- Tecnológico, D., & Surcolombiano, P. «ACUAPEZ.» *p*, 2015: 5-9.
- Thompson D. G., Wojtaszek B. F., y Chartrand D. T., Stephenson G. R. Staznik B. «Chemical and biomonitoring to assess potential acute effects of Vision® herbicide on native amphibian larvae in forest wetlands. .» *Environmental Contamination and Toxicology*, 2004: 843-849.
- Valderrama, M., M.Petrere Jr., M. Z. Villareal, y G. V. Uribe. *Parámetros poblacionales (mortalidad, rendimiento máximo sostenible) y estado de explotación del bocachico Prochilodus magdalenae (Steindachner, 1878; Prochilodontidae) del Bajo Río Magdalena*. BOGOTA: boletín científico INPA, 1993, 43-60.
- Varona, M, y otros. «Evaluación de los efectos del glifosato y otros plaguicidas en la salud humana en zonas objeto del programa de erradicación de cultivos ilícitos.» *Biomédica*, 2009: 456-475.

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

- Vásquez, Hualinga K. «Efecto del probiótico em® agua en el crecimiento y composición corporal de alevinos de *piaractus brachypomus*.» *Universidad Nacional de la Amazonia Peruana*. 2 de ENERO de 2013. <https://core.ac.uk/download/pdf/54238816.pdf>.
- Villa-Navarro, F. A. *Diferenciación entre poblaciones de Pimelodus clarias y Pimelodus grosskopfii (Siluriformes: Pimelodidae) en la cuenca del río Magdalena (Colombia)*. cali, colombia: Programa de Maestría Ciencias – Biología universidad del valle, 2002.
- Villa-Navarro, F.A., y S. Losada-Prada. «Hábitos alimenticios de *Pimelodus grosskopffi* y *Ageneiosus caucanus* (Pisces:Siluriformes) en la represa de Prado (Tolima).» *XXXIV Congreso Nacional de Ciencias Biológicas*. CALI: UNIVERSIDAD DEL VALLE, 1999. 224-230.
- Williams, P., R. James, y S. Roberts. *Principles of toxicology: environmental and industrial applications*. New York. : Wiley-Interscience Publication, 2000.
- Zárate, M., J., Martínez, y P. R. Caraballo. Captura y esfuerzo pesquero en la cuenca del río Magdalena y su sistema de planos inundables durante la subienda 1987 y estado actual de sus pesquerías. . San Cristóbal (Bolívar).: Informe Técnico. INDERENA, 1988.

ANEXOS

Anexo A. Parámetros fisicoquímicos del agua

LABORATORIO ESPECIE DE BOCACHICO A LA HORA CERO

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: 1		
Concentración: 28 mg/l				Hora: 0		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.63	26.7	26.1	99.5	8.4	460
2	7.76	26.7	26.2	101.4	8.6	463
3	7.75	26.7	25.6	100.3	8.04	453
PROMEDIO	7.71	26.70	25.97	100.40	8.35	458.67

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: 2		
Concentración: 30 mg/l				Hora: 0		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.74	26.7	25.6	100	8.02	454
2	7.95	26.7	25.2	102.1	7.97	443
3	7.85	26.7	25.4	101.1	7.97	451
PROMEDIO	7.85	26.70	25.40	101.07	7.99	449.33

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: 3		
Concentración: 32 mg/l				Hora: 0		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.58	26.7	25.9	98.5	8.6	460
2	7.75	26.7	26	100.9	8.1	457
3	7.8	26.7	25.8	101.1	8.1	455
PROMEDIO	7.71	26.70	25.90	100.17	8.27	457.33

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: 4		
Concentración: 34 mg/l				Hora: 0		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.82	26.7	25.8	101.6	8.2	456
2	8.01	26.7	24.6	101.6	8.57	458
3	7.75	26.7	26.1	101.1	8.1	458
PROMEDIO	7.86	26.70	25.50	101.43	8.29	457.33

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

LABORATORIO DE LA ESPECIE DE BOCACHICO A LAS 24 HORAS

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: 1		
Concentración: 28 mg/l				Hora: 24		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.04	25.5	26.8	93.2	8.1	483
2	7.06	25.5	26.3	93.2	8.4	486
3	7.28	25.5	26.7	96.2	8.05	477
PROMEDIO	7.13	25.50	26.60	94.20	8.18	482.00

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: 2		
Concentración: 30 mg/l				Hora: 24		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	6.83	25.5	26.6	90.2	8.02	478
2	7.73	25.5	26.3	101.2	8.05	476
3	7.59	25.5	26.3	99.5	8.04	476
PROMEDIO	7.38	25.50	26.40	96.97	8.04	476.67

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
------------------------------------	--	--	--	--	--	--

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Especie: Bocachico				Tratamiento: 3		
Concentración: 32 mg/l				Hora: 24		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	6.81	25.5	26.6	90.1	8.1	485
2	7.38	25.5	26.6	97.2	8.04	488
3	7.32	25.5	26.5	96.3	8.03	479
PROMEDIO	7.17	25.50	26.57	94.53	8.06	484.00

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: 4		
Concentración: 34 mg/l				Hora: 24		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.4	25.5	26.6	97.5	8	486
2	7.25	25.5	26.9	96.2	8.2	492
3	6.99	25.5	27	92.8	8.01	479
PROMEDIO	7.21	25.50	26.83	95.50	8.07	485.67

LABORATORIO DE LA ESPECIE DE BOCACHICO A LAS 48 HORAS

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA	
Especie: Bocachico	Tratamiento: 1

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Concentración: 28 mg/l				Hora: 48		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.87	25.9	26.3	103.2	8.4	494
2	7.86	25.9	26.6	103	8.26	500
3	7.99	25.9	25.9	104	8.33	481
PROMEDIO	7.91	25.90	26.27	103.40	8.33	491.67

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: 2		
Concentración: 30 mg/l				Hora: 48		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.98	25.9	25.7	103.4	8.3	482
2	7.93	25.9	25.9	103.2	8.27	493
3	7.95	25.9	25.7	103.2	8.32	486
PROMEDIO	7.95	25.90	25.77	103.27	8.30	487.00

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: 3		
Concentración: 32 mg/l				Hora: 48		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.81	25.9	26.2	102.2	8.39	500

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

2	7.91	25.9	26.3	103.5	8.32	504
3	7.86	25.9	26.1	102.2	8.28	492
PROMEDIO	7.86	25.9	26.2	1.026.333	8.33	4.986.667

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: 4		
Concentración: 34 mg/l				Hora: 48		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.9	25.9	26.1	103.2	8.39	503
2	7.79	25.9	26.4	102.3	8.47	506
3	7.88	25.9	26.2	103.1	8.01	493
PROMEDIO	7.86	25.90	26.23	102.87	8.29	500.67

LABORATORIO DE LA ESPECIE DE BOCACHICO A LAS 72 HORAS

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: 1		
Concentración: 28 mg/l				Hora: 72		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION (oxigeno)	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.9	26.1	26.2	103.1	8.44	498
2	7.88	26.1	26.1	103.3	8.3	501

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

3	7.97	26.1	26.1	103.1	8.33	488
PROMEDIO	7.92	26.10	26.13	103.17	8.36	495.67

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: 2		
Concentración: 30 mg/l				Hora: 72		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.97	26.1	26	104	8.4	496
2	7.98	26.1	25.8	103.7	8.33	499
3	7.96	26.1	26.2	103.8	8.42	498
PROMEDIO	8.0	26.1	26.0	103.8	8.4	497.7

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: 3		
Concentración: 32 mg/l				Hora: 72		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.91	26.1	26.3	102.5	8.5	503
2	7.95	26.1	26.3	104	8.4	505
3	7.93	26.1	26.2	103.6	8.33	500
PROMEDIO	7.93	26.10	26.27	103.37	8.41	502.67

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: 4		
Concentración: 34 mg/l				Hora: 72		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	8	26.1	26.7	103.2	8.39	503
2	7.86	26.1	26.5	102.3	8.47	506
3	7.9	26.1	26.7	103.1	8.01	493
PROMEDIO	7.92	26.10	26.63	102.87	8.29	500.67

LABORATORIO DE LA ESPECIE DE BOCACHICO A LAS 96 HORAS

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: 1		
Concentración: 28 mg/l				Hora: 96		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDA D U/cm
1	7.94	26.4	26.3	104.3	8.6	500
2	7.9	26.4	26.5	103.7	8.4	503
3	8	26.4	26.4	103.9	8.5	497
PROMEDIO	7.95	26.40	26.40	103.97	8.50	500.00

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Especie: Bocachico				Tratamiento: 2		
Concentración: 30 mg/l				Hora: 96		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	8.12	26.4	26.3	104.8	8.48	499
2	8.1	26.4	26.1	103.9	8.5	502
3	7.9	26.4	26.3	104	8.49	500
PROMEDIO	8.04	26.40	26.23	104.23	8.49	500.33

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: 3		
Concentración: 32 mg/l				Hora: 96		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.94	26.4	26.4	103	8.62	505
2	7.98	26.4	26.6	104.6	8.48	506
3	7.99	26.4	26.4	104.1	8.4	502
PROMEDIO	7.97	26.40	26.47	103.90	8.50	504.33

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: 4		
Concentración: 34 mg/l				Hora: 96		

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	8.2	26.4	26.7	104.1	8.4	502
2	7.9	26.4	26.6	102.8	8.51	506
3	8.1	26.4	26.7	103.8	8.3	500
PROMEDIO	8.07	26.40	26.67	103.57	8.40	502.67

TRATAMIENTO CONTROL PARA LA ESPCIE BOCACHICO

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: Control		
Concentración: 0 mg/l				Hora: 0		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.88	26.7	25.7	102.1	8.06	453
2	7.85	26.7	25.8	101.9	8.61	458
3	7.77	26.7	25.8	100.8	8	455
PROMEDIO	7.83	26.70	25.77	101.60	8.22	455.33

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: Control		
Concentración: 0 mg/l				Hora: 24		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

1	7.77	25.9	26.7	102.6	8.05	462
2	7.77	25.9	26.7	102.7	8.1	468
3	7.62	25.9	26.4	100.1	8.01	463
PROMEDIO	7.72	25.9	26.6	101.8	8.05	464.33

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: Control		
Concentración: 0 mg/l				Hora: 48		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	8.01	25.9	25.7	104	8.32	474
2	7.98	25.9	26	104.2	8.43	476
3	7.62	25.9	26.4	100.1	8.01	463
PROMEDIO	7.87	25.90	26.03	102.77	8.25	471.00

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: Control		
Concentración: 0 mg/l				Hora: 72		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	8.01	26.1	26	104.6	8.4	481
2	8	26.1	26.3	104.5	8.45	480
3	7.99	26.1	26.7	101.4	8.2	471

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

PROMEDIO	8.00	26.10	26.33	103.50	8.35	477.33
----------	------	-------	-------	--------	------	--------

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Bocachico				Tratamiento: Control		
Concentración: 0 mg/l				Hora: 96		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	8.03	26.4	26.4	104.9	8.48	488
2	8.2	26.4	26.6	104.7	8.5	487
3	8.02	26.4	26.7	102.2	8.4	485
PROMEDIO	8.08	26.40	26.57	103.93	8.46	486.67

LABORATORIO DE ESPECIE CAPAZ A LAS 0 HORAS

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: 1		
Concentración: 16 mg/l				Hora: 0		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.53	26.3	25.8	99.3	8.2	470
2	7.52	26.3	25.6	99.1	8.3	463
3	7.75	26.3	25.3	100.3	8.04	453
PROMEDIO	7.60	26.30	25.57	99.57	8.18	462.00

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: 2		
Concentración: 18 mg/l				Hora: 0		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.6	26.5	26	100.3	8.04	461
2	7.78	26.5	25.8	101	8.08	449
3	7.67	26.5	26.1	100.4	8.02	468
PROMEDIO	7.68	26.50	25.97	100.57	8.05	459.33

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: 3		
Concentración: 20 mg/l				Hora: 0		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.81	26.5	26	101.6	8.12	470
2	7.4	26.5	25.9	98.1	8.3	468
3	7.56	26.5	26.1	96.1	8.1	453
PROMEDIO	7.59	26.50	26.00	98.60	8.17	463.67

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: 4		
Concentración: 22 mg/l				Hora: 0		

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.8	26.7	25.9	100.4	8.02	479
2	7.5	26.7	26.1	100.2	8.2	468
3	7.64	26.7	26.1	101.1	8.34	458
PROMEDIO	7.65	26.70	26.03	100.57	8.19	468.33

LABORATORIO DE ESPECIE CAPAZ A LAS 24 HORAS

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: 1		
Concentración: 16 mg/l				Hora: 24		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.62	26.2	26	100.1	8.4	487
2	7.6	26.2	26.2	99.6	8.64	476
3	7.86	26.2	25.6	102.1	8.38	474
PROMEDIO	7.69	26.20	25.93	100.60	8.47	479.00

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: 2		
Concentración: 18 mg/l				Hora: 24		

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.85	26.6	25.7	102.1	8.2	474
2	7.81	26.6	25.9	101.8	8.12	456
3	7.79	26.6	25.8	101.3	8.09	475
PROMEDIO	7.82	26.60	25.80	101.73	8.14	468.33

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz			Tratamiento: 3			
Concentración: 20 mg/l			Hora: 24			
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.9	26.6	25.7	102.6	8.27	482
2	7.52	26.6	26.1	99.1	8.38	472
3	7.67	26.6	26.2	99.9	8.2	486
PROMEDIO	7.70	26.60	26.00	100.53	8.29	480.00

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz			Tratamiento: 4			
Concentración: 22 mg/l			Hora: 24			

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.84	26.4	25.7	101.9	8.21	487
2	7.64	26.4	26.1	101	8.33	489
3	7.77	26.4	26.5	100.8	8.4	478
PROMEDIO	7.75	26.40	26.10	101.23	8.31	484.67

LABORATORIO DE ESPECIE CAPAZ A LAS 48 HORAS

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: 1		
Concentración: 16 mg/l				Hora: 48		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.74	26.1	26.3	103.2	8.57	494
2	7.8	26.1	26.3	100.2	8.7	485
3	7.92	26.1	26.3	104	8.33	481
PROMEDIO	7.82	26.10	26.30	102.47	8.53	486.67

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA	
Especie: Capaz	Tratamiento: 2
Concentración: 18 mg/l	Hora: 48

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.89	26.5	25.9	103.6	8.4	483
2	7.87	26.5	26.1	102.2	8.2	461
3	7.81	26.5	26	102.4	8.17	487
PROMEDIO	7.86	26.50	26.00	102.73	8.26	477.00

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: 3		
Concentración: 20 mg/l				Hora: 48		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.93	26.4	26.1	103.4	8.35	491
2	7.6	26.4	26.1	100.1	8.4	481
3	7.72	26.4	26.3	101.8	8.33	495
PROMEDIO	7.75	26.40	26.17	101.77	8.36	489.00

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: 4		
Concentración: 22 mg/l				Hora: 48		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.87	26.6	26.1	102.2	8.3	493

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

2	7.79	26.6	26.4	102.3	8.47	491
3	7.8	26.6	26.2	101.4	8.51	483
PROMEDIO	7.82	26.60	26.23	101.97	8.43	489.00

LABORATORIO DE ESPECIE CAPAZ A LAS 72 HORAS

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: 1		
Concentración: 16 mg/l				Hora: 72		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	8.82	26.1	26.4	104	8.7	499
2	7.87	26.1	26.3	101	8.8	490
3	7.95	26.1	26.5	104.8	8.4	488
PROMEDIO	8.21	26.10	26.40	103.27	8.63	492.33

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: 2		
Concentración: 18 mg/l				Hora: 72		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.9	26.7	26	104	8.59	496
2	7.93	26.7	26.1	102.9	8.3	475
3	7.84	26.7	26.2	102.9	8.2	495

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

PROMEDIO	7.89	26.70	26.10	103.27	8.36	488.67
----------	------	-------	-------	--------	------	--------

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: 3		
Concentración: 20 mg/l				Hora: 72		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.88	26.3	26.3	104.1	8.42	498
2	7.72	26.3	26.4	101.1	8.56	492
3	7.93	26.3	26.5	103.6	8.44	499
PROMEDIO	7.84	26.30	26.40	102.93	8.47	496.33

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: 4		
Concentración: 22 mg/l				Hora: 72		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.92	26.5	26.2	103	8.42	496
2	7.83	26.5	25.9	103.1	8.53	497
3	7.95	26.5	26.5	102.1	8.6	499
PROMEDIO	7.90	26.50	26.20	102.73	8.52	497.33

LABORATORIO DE ESPECIE CAPAZ A LAS 96 HORAS

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: 1		
Concentración: 16 mg/l				Hora: 96		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	8.88	26.3	26.2	104.4	8.75	502
2	7.9	26.3	26.5	103.2	8.89	498
3	7.98	26.3	26.4	105.1	8.73	494
PROMEDIO	8.25	26.30	26.37	103.80	8.79	498.00

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: 2		
Concentración: 18 mg/l				Hora: 96		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.99	26.4	25.9	104.7	8.63	498
2	7.98	26.4	26.2	103.9	8.5	486
3	7.9	26.4	26.4	104	8.4	498
PROMEDIO	7.96	26.40	26.17	104.20	8.51	494.00

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: 3		

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

Concentración: 20 mg/l				Hora: 96		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.94	26.4	26.4	104.6	8.58	500
2	7.8	26.4	26.7	102	8.63	501
3	7.99	26.4	26.3	104	8.6	502
PROMEDIO	7.91	26.40	26.47	103.53	8.60	501.00

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: 4		
Concentración: 20 mg/l				Hora: 96		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.98	26.6	26.1	104.4	8.56	500
2	7.92	26.6	26.3	103.8	8.6	499
3	7.97	26.6	26.6	103	8.68	502
PROMEDIO	7.96	26.60	26.33	103.73	8.61	500.33

LABORATORIO DE ESPECIE CAPAZ MUESTRAS CONTROL

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA	
Especie: Capaz	Tratamiento: Control
Concentración: 0 mg/l	Hora: 0

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.58	26.3	26	98.1	8.2	457
2	7.76	26.3	25.8	101.2	8.03	460
3	7.51	26.3	25.9	96	8.09	455
PROMEDIO	7.62	26.30	25.90	98.43	8.11	457.33

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: Control		
Concentración: 0 mg/l				Hora: 24		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.63	26.4	25.9	99.5	8.4	473
2	7.89	26.4	25.6	102.5	8.1	465
3	7.54	26.4	25.7	98	8.6	466
PROMEDIO	7.69	26.40	25.73	100.00	8.37	468.00

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: Control		
Concentración: 0 mg/l				Hora: 48		

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.72	26.5	26.1	100.1	8.52	483
2	7.9	26.5	25.9	103	8.22	470
3	7.62	26.5	26.2	100.7	8.76	478
PROMEDIO	7.75	26.50	26.07	101.27	8.50	477.00

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: Control		
Concentración: 0 mg/l				Hora: 72		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm
1	7.93	26.5	26	102.3	8.6	489
2	7.99	26.5	26.3	103.2	8.35	476
3	7.7	26.5	26.4	102.2	8.8	483
PROMEDIO	7.87	26.50	26.23	102.57	8.58	482.67

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA						
Especie: Capaz				Tratamiento: Control		
Concentración: 0 mg/l				Hora: 96		
REPLICA	Ox	T° AMBIENTE	T° AGUA	% SATURACION	pH	CONDUCTIVIDAD U/cm

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

1	8.02	26.5	26.4	104.2	8.73	471
2	8.09	26.5	26.6	104.1	8.44	482
3	8.01	26.5	26.5	103.1	8.9	494
PROMEDIO	8.04	26.50	26.50	103.80	8.69	482.33

Anexo B. Mortalidad del bocachico

TRATAMIENTO	REPLICA	12 Hr	24 Hr	48 Hr	72 Hr	96 Hr	CONCENTRACIÓN
1	1	0	0	0	0	0	28 mg/l
1	2	0	0	0	0	1	
1	3	0	0	0	0	1	
2	1	0	0	0	0	0	30 mg/l
2	2	3	5	0	0	10	
2	3	0	0	0	0	3	
3	1	0	0	0	0	0	32 mg/l
3	2	0	2	4	0	7	
3	3	0	0	0	0	2	
4	1	3	4	0	7	8	34 mg/l
4	2	0	2	0	3	5	

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

4	3	1	3	5	0	6	
CONTROL	1	0	0	0	0	0	0
CONTROL	2	0	0	0	0	0	
CONTROL	3	0	0	0	0	0	

Nota: Hr: horas

Anexo D. Mortalidad del capaz

TRATAMIENTO	REPLICADO	12 Hr	24 Hr	48 Hr	72 Hr	96 Hr	CONCENTRACIÓN
1	1	0	0	0	0	3	16 mg/l
1	2	0	0	0	0	0	
1	3	0	0	0	0	0	
2	1	0	0	0	0	0	18 mg/l
2	2	0	0	0	1	2	
2	3	0	0	2	4	5	
3	1	2	3	6	9	10	20 mg/l
3	2	3	5	7	0	10	
3	3	4	5	8	9	10	

Determinación de la concentración letal 50 del Glifosato, N-(fosfonometil) glicina en forma de sal Isopropilamina sobre juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Capaz (*Pimelodus grosskopfii*)

4	1	0	3	4	7	10	22 mg/l
4	2	4	6	0	8	10	
4	3	3	5	6	8	10	
CONTROL	1	0	0	0	0	0	0
CONTROL	2	0	0	0	0	0	
CONTROL	3	0	0	0	0	0	

Nota: Hr: horas